



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE COMPUTAÇÃO

***Natural Selection: Um Serious Game* sobre a Origem e a Evolução da Vida**

Trabalho de Conclusão de Curso

Emanuel Torres Nascimento de Abreu, Leonardo Moraes Macedo



São Cristóvão – Sergipe

2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE COMPUTAÇÃO

Emanuel Torres Nascimento de Abreu, Leonardo Moraes Macedo

***Natural Selection: Um Serious Game* sobre a Origem e a
Evolução da Vida**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Departamento de Computação da Universidade Federal de Sergipe como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

Orientador(a): Gilton José Ferreira da Silva

São Cristóvão – Sergipe

2017

Emanuel Torres Nascimento de Abreu, Leonardo Moraes Macedo

***Natural Selection: Um Serious Game* sobre a Origem e a
Evolução da Vida**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao
Departamento de Computação da Universidade
Federal de Sergipe como requisito parcial para
a obtenção do título de Bacharel em Ciência da
Computação.

Trabalho aprovado. São Cristóvão – Sergipe, 01 de Maio de 2016:

Gilton José Ferreira da Silva
Orientador

Professor
Convidado 1

Professor
Convidado 2

São Cristóvão – Sergipe
2017

Agradecimentos

Aos pais, que proporcionaram uma boa educação e apoiaram sem medir esforços para que fosse alcançado esse novo objetivo.

Ao professor Gilton José Ferreira da Silva, que orientou e incentivou tornando possível a produção dessa monografia.

Aos docentes do curso, que ensinaram grande parte dos conhecimentos aqui aplicados.

Aos colegas, que incentivaram e apoiaram durante o processo de desenvolvimento desse trabalho.

*O ato de jogar,
além de proporcionar prazer,
é um meio de o sujeito
desenvolver habilidades
de pensamentos e cognição,
estimulando a atenção e memória.
(Furió et al. (2013 apud [Fadel et al., 2014](#), p. 13))*

Resumo

Os avanços tecnológicos e sua expansão no mundo dissociam os jovens do ensino e da comunicação tradicional como um todo. Isso levanta a necessidade de renovação do ensino por meio dessas novas tecnologias como os jogos eletrônicos ou *games*. A adoção do potencial dos jogos promove uma grande ferramenta de motivação e engajamento na educação e por isso esse trabalho desenvolveu um jogo educativo ou *Serious Game*. Esse jogo tem como propósito auxiliar na introdução das ciências naturais do ensino de Biologia e Evolução celular para alunos por meio da aplicação dos conhecimentos estudados em sala de aula. Com o auxílio de uma revisão dos jogos educativos no setor acadêmico e no mercado desenvolveu-se um jogo que une o melhor dos jogos similares encontrados. A fim de comprovar a utilidade desse jogo na educação foi aplicado um questionário voltado para avaliações de jogos educativos, onde o resultado mostra que a maioria dos alunos se divertiram e aprenderam. Dessa forma o jogo conseguiu contribuir para aprimorar os conhecimentos do assunto abordado. Com isso comprova-se que há um grande potencial educacional nos jogos para cativar a atenção dos estudantes.

Palavras-chave: Computação, Jogo, Educação, Biologia, Evolução.

Abstract

Technological advances and their expansion in the world dissociate young people from traditional teaching and communication as a whole. This raises the need for renewal of education through such new technologies as electronic games or games. The adoption of the potential of the games is a great tool of motivation and commitment in education and therefore this work developed an educational game or Serious Game. This game aims to help in the introduction of the natural sciences of the teaching of Biology and Cellular Evolution to students through the application of the knowledge studied in the classroom. With the aid of a review of the educational games in the academic sector and in the market a game was developed that combines the best of similar games found. To prove the usefulness of this game in education was applied a questionnaire aimed at evaluations of educational games, where the result shows that the majority of the students had fun and learned. In this way the game was able to contribute to improve the knowledge of the subject addressed. This proves that there is great educational potential in games to attract students' attention.

Keywords: Computer, Game, Education, Biology, Evolution.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Experimento Miller-Urey	19
Figura 2 – Scrum	22
Figura 3 – Telas dos jogos selecionados	39
Figura 4 – Diagrama do processo de seleção dos trabalhos e produtos correlatos.	40
Figura 5 – Diagrama de Casos de Uso	44
Figura 6 – Diagrama de Classes	45
Figura 7 – Diagrama de Máquina de Estados	46
Figura 8 – Hierarquia de Telas	47
Figura 9 – Exemplo do <i>JUnit</i>	49
Figura 10 – Tela de Escolha	50
Figura 11 – Tela do Jogo	50
Figura 12 – Passos da realização do questionário	51
Figura 13 – Laboratório configurado	52
Figura 14 – Alunos	53
Figura 15 – Instruções Gerais	53
Figura 16 – Instruções Específicas	54
Figura 17 – Questionário	54
Figura 18 – Pannel	65
Figura 19 – Mapa	66
Figura 20 – <i>Sprite</i>	66
Figura 21 – <i>Folhas de Sprites</i>	67
Figura 22 – Questionário	67
Figura 23 – Inteligência Artificial	68
Figura 24 – Menu Inicial	70
Figura 25 – Opções	70
Figura 26 – Escolha da Espécie	71
Figura 27 – Jogo - Reprodução	72
Figura 28 – Jogo - Outras espécies	72
Figura 29 – Pergunta 1	74
Figura 30 – Pergunta 2	74
Figura 31 – Pergunta 3	74
Figura 32 – Pergunta 4	75

Figura 33 – Pergunta 5	75
Figura 34 – Pergunta 6	75
Figura 35 – Pergunta 7	76
Figura 36 – Pergunta 8	76
Figura 37 – Pergunta 9	76
Figura 38 – Pergunta 10	77
Figura 39 – Pergunta 11	77
Figura 40 – Pergunta 12	77
Figura 41 – Pergunta 13	78
Figura 42 – Pergunta 14	78
Figura 43 – Pergunta 15	78
Figura 44 – Pergunta 16	79
Figura 45 – Pergunta 17	79
Figura 46 – Pergunta 18	79
Figura 47 – Pergunta 19	80
Figura 48 – Pergunta 20	80
Figura 49 – Pergunta 21	80
Figura 50 – Pergunta 22	81

Lista de Quadros

Quadro 1	Modelos de metodologias pelo fluxo de processo	22
Quadro 2	Perguntas sobre a Experiência do Jogador	28
Quadro 3	Perguntas sobre o Aprendizado do Jogador	28
Quadro 4	Perguntas sobre a Motivação do Jogador	29
Quadro 5	Índice das Características do Trabalho Proposto	36
Quadro 6	Trabalhos Correlatos	37
Quadro 7	Relação dos Trabalhos Correlatos com o Trabalho Proposto	37
Quadro 8	Relação das Características com os Jogos	40
Quadro 9	Requisitos Funcionais	43
Quadro 10	Requisitos Não Funcionais	43

Lista de tabelas

Tabela 1 – Trabalhos Encontrados nas Bases de Publicações	35
Tabela 2 – Situação de Artigos Seleccionados por Participantes	36
Tabela 3 – Resultados a Cada Passo da Busca dos Produtos	39
Tabela 4 – Configuração das Máquinas Utilizadas	52
Tabela 5 – Nível de Diversão	55
Tabela 6 – Nível de Dificuldade	55
Tabela 7 – Percepção do Aprendizado	56

Lista de abreviaturas e siglas

2D	<i>Two-Dimensional Space</i>
ACM	<i>Association for Computing Machinery</i>
ASD	<i>Adaptive Software Development</i>
CJCC	Centro Juvenil de Ciência e Cultura
CODAP	Colégio de Aplicação
CPU	<i>Central Processing Unit</i>
CRC	<i>Class-Responsibility-Collaboration</i>
CRT	<i>Cathode Ray Tube</i>
DSDM	<i>Dynamic Systems Development Method</i>
ECS	Entidade Componente Sistema
ENEM	Exame Nacional para o Ensino Médio
GPCV	Grupo de Pesquisa Comunidades Virtuais
IA	Inteligência Artificial
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LORI	<i>Learning Object Review Instrument</i>
MEC	Ministério da Educação
MEEGA	<i>Model for the Evaluation of Educational Games</i>
MVC	Modelo Visão Controle
NPC	<i>Non-Player Character</i>
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
QPS	Quadros por Segundo
RAM	<i>Random-Access Memory</i>
RGB	<i>Red Green Blue</i>

TI	Tecnologia da Informação
UFS	Universidade Federal de Sergipe
XP	<i>Extreme Programming</i>

Sumário

1	Introdução	15
1.1	Objetivos	16
1.1.1	Geral	16
1.1.2	Específicos	16
1.2	Metodologia	16
1.3	Estrutura do Documento	17
2	Fundamentação Teórica	18
2.1	Biologia	18
2.1.1	Origem da Vida	19
2.1.1.1	Abiogênese Química	19
2.1.2	Evolução	20
2.1.2.1	Neodarwinismo	20
2.2	Metodologia de Desenvolvimento de Software	21
2.2.1	Modelos Tradicionais	21
2.2.2	Metodologias Ágeis	22
2.2.2.1	Scrum	22
2.2.3	Processos de Avaliação de Software	23
2.3	Metodologia de Desenvolvimento de Jogos	24
2.3.1	Desenvolvimento com Gráficos 2D	25
2.3.2	Desenvolvimento com Inteligência Artificial	25
2.3.3	Processos de Validação de Jogos	26
2.3.3.1	A Metodologia MEEGA+	26
2.4	Jogos Educativos	29
2.5	Revisão Sistemática	31
3	Trabalhos e Produtos Correlatos	33
3.1	Revisão Sistemática nas Bases Acadêmicas	33
3.2	Busca de Soluções Semelhantes no Mercado	38
3.3	Síntese dos Trabalhos e Produtos correlatos	40
4	Desenvolvimento do <i>Natural Selection</i>	42
4.1	Documentação	43
4.1.1	Requisitos	43
4.1.2	Diagramas	44
4.1.2.1	Diagrama de Casos de Uso	44

4.1.2.2	Diagrama de Classes	45
4.1.2.3	Diagrama de Máquina de Estados	45
4.1.3	Hierarquia de Telas	46
4.2	Codificação	47
4.2.1	Ferramentas	47
4.2.2	Reuniões	48
4.2.3	Escrita do Código	48
4.2.4	Testes do Código	49
4.2.5	Resultado do Código	49
4.3	Validação	50
4.3.1	Preparação	51
4.3.2	Aplicação	52
4.3.3	Resultados	55
5	Considerações Finais e Trabalhos Futuros	57
	Referências	59

Apêndices 63

APÊNDICE A Código Fonte 64

A.1	Interface Gráfica	65
A.1.1	<i>Sprites</i>	66
A.2	Base de dados	67
A.3	Controladores	68

APÊNDICE B Tutorial do jogo 69

B.1	Menu Inicial	70
B.2	Opções	70
B.3	Escolha da Espécie	71
B.4	Jogo	71

APÊNDICE C Questionário de Validação 73

1

Introdução

Segundo *Gizmodo* (2008)¹, o Dr. William Higinbotham, enquanto trabalhava com osciloscópio no Laboratório Nacional de *Brookhaven*, criou o primeiro jogo eletrônico nos Estados Unidos em 1958, que foi chamado de *Retromodo: Tennis for Two*. Segundo *Novak* (2012), os primeiros jogos foram usados em departamentos de pesquisa de universidades, de laboratórios e de instalações militares para escapar dos rigorosos treinamentos básicos.

Os jogos eletrônicos são uma forma de entretenimento interativo e são um dos meios mais disseminados entre os jovens. Conforme *Novak* (2012), em 2008 o rendimento dos jogos superou sozinho o rendimento do cinema e da música nos Estados Unidos e ultrapassou 30 bilhões por ano em todo mundo.

O mercado brasileiro também tem grande rendimento nessa indústria apesar das altas taxas aplicadas aos preços. O Brasil estava na 11ª posição nos rendimentos do mercado mundial em uma pesquisa feita em 2013 por *Newzoo* (2013)² e foi estimado que existiam cerca de 48 milhões de jogadores pagantes no país.

Os jovens, hoje em dia, tem cada vez mais livre acesso a esses jogos eletrônicos, por meio de vários recursos tecnológicos como computadores, video games ou celulares. Com isso os jovens estudantes acabam ficando mais dispersos e desmotivados com os estudos e o ensino tradicional.

Neste contexto alguns jogos eletrônicos também podem ser desenvolvidos com caráter educativo e são capazes de serem uma ótima ferramenta para a educação, pois conseguem atrair mais a atenção dos jovens em comparativo com as aulas tradicionais. Como dito por *Fadel et al.* (2014), a *gamificação* utiliza aspectos dos jogos, os elementos e mecanismos que proporcionam

¹ Site de publicações sobre tecnologia. Para mais informações veja em: <<http://gizmodo.com/5080541/retromodo-tennis-for-two-the-worlds-first-graphical-videogame>>. Acesso em 20/11/2016.

² Site de pesquisa no mercado de vídeo games. Veja mais informações em: <<http://www.newzoo.com/infographics/infographic-the-brazilian-games-market>>. Acesso em 20/11/2016.

maior motivação e engajamento ao usuário.

Considerando o potencial dos jogos como recurso educacional e mediante o crescimento do mercado e consolidação da cultura de vídeo games no Brasil o Ministério da Educação (MEC) apoia o desenvolvimento de ambientes *gamificados*, que são ambientes educacionais que fazem uso de aspectos dos jogos, como dito por [Fadel et al. \(2014\)](#).

Então, levando em consideração o que já foi mencionado do potencial educacional dos jogos e dos jovens atraídos pela tecnologia, esse trabalho desenvolveu um jogo educativo sobre biologia. Dentre as áreas da biologia foi abordado os assuntos da biologia evolutiva e da origem da vida apresentados por meio da microbiologia, outra área de estudo da biologia que estuda os micro-organismos. Tais assuntos são aplicados nas ciências naturais de forma a introduzir a biologia do ensino médio, que é mais focada para exames vestibulares.

1.1 Objetivos

Os objetivos desse trabalho são apresentados no objetivo geral de uma forma resumida e nos objetivos específicos os passos para chegar ao objetivo geral.

1.1.1 Geral

Desenvolver um jogo educativo baseado na área da ciência natural que estuda a vida, a biologia, voltado para alunos do 9º ano do ensino fundamental, para ser aplicado como introdução das ciências naturais.

1.1.2 Específicos

- Estudar sobre desenvolvimento de jogos educativos e Biologia;
- Realizar uma revisão sistemática nas bases acadêmicas;
- Analisar os produtos já existentes no mercado com características semelhantes ao trabalho;
- Desenvolver um jogo de computador;
- Validar o software para comprovar o caráter educativo da aplicação.

1.2 Metodologia

O jogo tem como foco a área científica da biologia, mais precisamente abordará os assuntos da origem da vida, que é o ramo da ciência que estuda como os seres vivos surgiram, e a evolução das espécies. Segundo [Ridley \(2006\)](#), a evolução é a mudança de características dos organismos por suscetíveis gerações nas populações de uma espécie.

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN)³ do 6º ao 9º ano, o educando tem acesso aos conhecimentos dos assuntos abordados no período escolar do 9º ano do ensino fundamental, consequentemente esses estudantes serão o público-alvo deste trabalho.

O desenvolvimento de *software*, como de outros produtos tecnológicos, exige um modelo de gestão rápido de projeto para uma melhor competitividade no mercado de trabalho. Então para esse trabalho foi utilizada a metodologia ágil *Scrum* e o jogo foi programado na linguagem Java por meio da *Integrated Development Environment* (IDE) ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado Eclipse⁴ para computador. Como dito por Davison (2005), apesar de ser erroneamente considerada uma péssima escolha como linguagem para programar jogos, Java é tão rápido quanto a linguagem C++.

1.3 Estrutura do Documento

Para facilitar a navegação e melhor entendimento, este documento está estruturado em capítulos e seções, que são:

- Capítulo 1 - Introdução, onde é introduzido o que será exposto nesse documento;
- Capítulo 2 - Fundamentação Teórica, que são os conhecimentos necessários para o desenvolvimento do trabalho;
- Capítulo 3 - Trabalhos e Produtos Correlatos, que são os trabalhos e produtos similares de maior relevância e credibilidade existentes no Estado da Arte;
- Capítulo 4 - Desenvolvimento do *Natural Selection*, que relata todos os passos da evolução do trabalho que foi proposto;
- Capítulo 5 - Considerações Finais, que expõe o que se pode concluir ao final do trabalho.

³ Os PCN foram desenvolvidos pelo MEC (Ministério da Educação, 1998) para orientar os educadores sobre os conhecimentos essenciais aos educandos. Mais informações em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencias.pdf>>. Acesso em 20/11/2016.

⁴ Ambiente integrado de desenvolvimento mais usado para desenvolvimento Java. Disponível em: <<https://www.eclipse.org/downloads/>>. Acesso em 20/09/2017.

2

Fundamentação Teórica

Este capítulo apresenta toda a base teórica necessária para o desenvolvimento desse trabalho e está subdividido nas seguintes seções:

- Biologia, que aborda a temática educativa usada no jogo;
- Metodologias de Desenvolvimento de Software, que trata de como é desenvolvido um *software*;
- Metodologias de Desenvolvimento de Jogos, que discorre como é criado um jogo 2D;
- Jogos Educativos, que expõe como é um jogo educativo;
- Revisão Sistemática nas Bases Acadêmicas, que aborda o protocolo de pesquisa de trabalhos acadêmicos.

2.1 Biologia

A biologia é o estudo da vida, ou seja, o ramo da ciência que estuda os seres vivos. Sendo que definir o que é vida seja difícil já que os estudos da biologia comparam propriedades de animais e rochas para definir a vida segundo [Shapiro \(1987\)](#).

Dentre as várias áreas da biologia, este trabalho se baseia na biologia evolutiva, que estuda a origem e a descendência das espécies. O entendimento da biologia evolutiva é essencial para saber de onde surgimos e para onde vamos, como seres vivos. Então, nessa seção serão descritos a biologia evolutiva, a evolução do neodarwinismo e a origem da vida por abiogênese química.

2.1.1 Origem da Vida

A origem da vida, estudo de como surgiu a primeira forma de vida, possui várias hipóteses e não há uma explicação cientificamente adequada segundo [Shapiro \(1987\)](#). Algumas hipóteses dentre as mais conhecidas são:

- Abiogênese química, na qual a vida surge ao acaso;
- Criacionismo, onde a vida surge por decisão divina;
- Panspermia, onde a vida vem de fora da Terra.

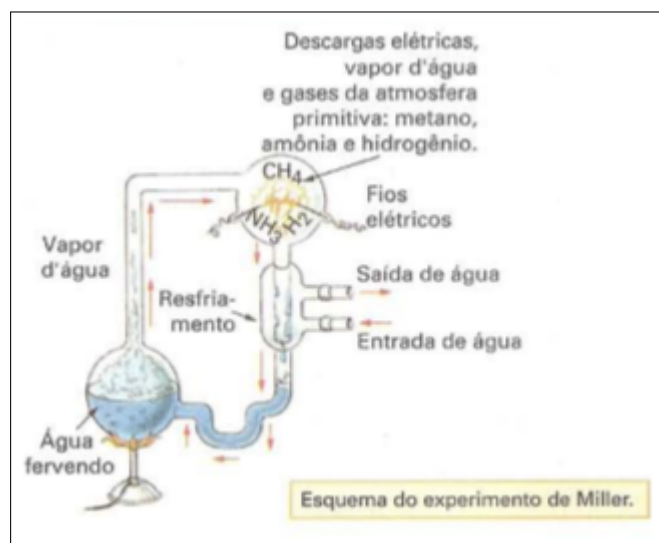
2.1.1.1 Abiogênese Química

A hipótese de Oparin e Haldane, a abiogênese química, diferente da abiogênese de geração espontânea, explica como surgem os seres vivos, apesar de ambas as abiogêneses definirem que a vida surge da matéria não viva como dito por [Lopes \(2004\)](#).

Segundo [Lopes \(2004\)](#), a abiogênese de geração espontânea foi descartada por Louis Pasteur com a lei da Biogênese, pois os novos seres vivos são gerados da reprodução de outros seres vivos. Ambas, abiogênese e a biogênese, explicam como surgem os seres vivos, mas não explicam como surgiu a primeira forma de vida como a abiogênese química.

Segundo [Lopes \(2004\)](#), o experimento de Miller e Urey, mostrado na Figura 1, simulou as condições da atmosfera primitiva, foi mostrado que é possível formar matéria orgânica da inorgânica. E com o experimento a hipótese da abiogênese se tornou uma das hipóteses mais aceitas no meio científico, mas não provava a origem da vida.

Figura 1 – Experimento Miller-Urey



Fonte: [Lopes \(2004\)](#)

Outras hipóteses foram criadas para solucionar o paradigma da abiogênese, como a geração da vida em ambientes mais isolados. Segundo [Shapiro \(1987\)](#), o local mais aceito tem sido os respiradouros do fundo do mar, que emitem sulfeto de hidrogênio, metano, e amônia com a água quente.

2.1.2 Evolução

[Ridley \(2006\)](#) menciona que o estudo da evolução, que é o estudo das mudanças ao longo do tempo por meio de descendência com modificação e, segundo Harrison (2001 apud [Ridley, 2006](#)), começou em 1859 com o livro Sobre a Origem das Espécies de Darwin.

Antes de Darwin, existiram pensadores que tentaram explicar a transformação de espécies, o mais relevante foi Lamarck que dizia que uma espécie se transformava em outra de acordo com [Lopes \(2004\)](#). Para Lamarck, a espécie se esforça para adquirir uma característica e a repassa para os descendentes, chamada de herança lamarckiana.

[Ridley \(2006\)](#) diz que Darwin ao observar a natureza formulou suas teorias com suas próprias ideias e de terceiros, mas algumas ideias foram rejeitadas como o lamarckismo, por não explicar a adaptação ao meio. As modificações que tornam os seres vivos capazes de sobreviver e de se reproduzir são chamadas de adaptações. A seleção natural por sua vez tem como base a sobrevivência dos mais bem adaptados já que os mesmos vão se reproduzir em maior quantidade e terão populações maiores. Darwin então levando em consideração o que foi dito formulou as teorias de evolução e de seleção natural.

Segundo [Ridley \(2006\)](#), a teoria de seleção natural não explicava satisfatoriamente a hereditariedade, pois considerava a hereditariedade por miscigenação das características dos progenitores. Então com a redescoberta da teoria de herança do Mendel, que demonstra a hereditariedade genética, a teoria de seleção natural foi revivida, mas era preciso comprovar que ambas teorias poderiam coexistir.

Como mencionado por [Ridley \(2006\)](#), considerando as teorias de Darwin e Mendel, e com observação e muitos estudos, Fisher, Haldane e Wright conseguiram interligar ambas teorias com a criação de novas espécies com a genética de populações criando a síntese moderna .

2.1.2.1 Neodarwinismo

Segundo [Lopes \(2004\)](#), o neodarwinismo, ou síntese evolucionária moderna, foi criado com a junção da teoria de evolução por seleção natural de Darwin e a herança mendeliana de Mendel por Ronald Fisher, e as teorias de genética de populações de Haldane e Sewall Wright. Sendo que a genética de populações é o estudo de como alterações nas características dos indivíduos são distribuídos e modificados dentro das populações.

Seguindo os conceitos do neodarwinismo pode-se concluir a maioria dos cientistas consideram que as formas de vida mais complexas derivam das mais simples de acordo com

Shapiro (1987). Já que os seres unicelulares são os mais simples e a célula é a unidade básica da biologia segundo Shapiro (1987), os micro-organismos unicelulares são a melhor escolha para demonstrar os conceitos da biologia evolutiva.

Dentre os organismos unicelulares temos os que possuem uma membrana que protege seu material genético, eucariontes, e os que não possuem, procariontes. Segundo Shapiro (1987), as células eucarióticas apareceram pela primeira vez a mais de 1 bilhão de anos atrás e formas procariotas datam de mais que 3 bilhões de anos. Então, as células procariontes seriam os seres mais próximos das primeiras formas de vida e a melhor escolha para demonstrar os conhecimentos da evolução.

2.2 Metodologia de Desenvolvimento de Software

O *software* de computadores é a tecnologia mais importante no cenário mundial segundo Pressman (2011). O *software* se tornou parte essencial dos processos de produção se incorporando em todas as áreas, mas a manutenção se tornou cada vez mais difícil e para manter a qualidade de software foram criadas metodologias de engenharia de software.

Segundo Pressman (2011), na elaboração de um *software* a metodologia define os passos do processo de *software* que garantem a alta qualidade no prazo. No geral, o processo de *software* é dividido em 5 atividades metodológicas: comunicação, planejamento, modelagem, construção e entrega.

2.2.1 Modelos Tradicionais

Há várias metodologias de acordo com seu fluxo de processo de suas atividades, que de acordo com Pressman (2011) pode ser:

- Linear, que vai da comunicação até a entrega;
- Iterativo, que repete uma ou mais atividades antes de ir à seguinte;
- Evolucionário, que repete a sequência de atividades em ciclos produzindo uma nova versão ao final de cada ciclo;
- Paralelo, que executa uma ou mais atividades em paralelo.

Os modelos tradicionais mais conhecidos relacionados e seus respectivos fluxos de processos são mostrados na Quadro 1.

Quadro 1: Modelos de metodologias pelo fluxo de processo

Fluxo do Processo	Linear	Iterativo	Evolucionário	Paralelo
Modelos	Cascata	Incrementais	De Prototipação	Concorrentes

Fonte: Autores (2017)

2.2.2 Metodologias Ágeis

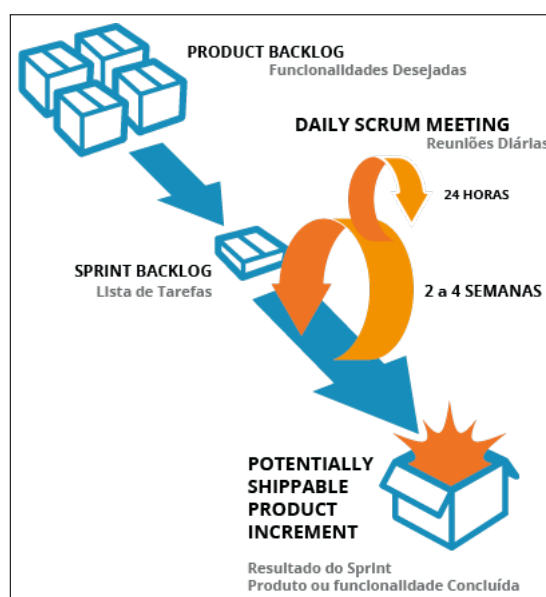
Segundo [Pressman \(2011\)](#), as metodologias ágeis surgiram para suprir as fraquezas que a Engenharia de Software convencional possuía de se adaptar às constantes mudanças no mercado. As metodologias ágeis não impedem o uso das metodologias convencionais e nem as substituem, pois deve ser analisado de acordo com o custo, tempo e recursos para escolher qual a melhor metodologia para cada caso.

As metodologias ágeis mais comuns são: *Extreme Programming (XP)* ou *Programação Extrema*, *Scrum*, *Adaptive Software Development (ASD)* ou *Desenvolvimento de Software Adaptativo*, *Dynamic Systems Development Method (DSDM)* ou *Método de Desenvolvimento de Sistemas Dinâmicos* e *Crystal*.

2.2.2.1 Scrum

O Scrum é uma metodologia que além de ágil e simples no qual o projeto é dividido em ciclos – *Sprints* – de até um mês e cada ciclo de desenvolvimento possibilita mudanças de requisitos, pois suas iterações são curtas como dito por [Varaschim \(2009\)](#) e mostrado na Figura 2.

Figura 2 – Scrum

Fonte: [BRQ \(2017\)](#)

No começo devem ser feitos dois passos iniciais, a reunião inicial – *Initial Meeting* – e a listagem dos requisitos – *Backlog Construction*, para que depois sejam executados os seguintes passos:

- Os ciclos são divididos em planejamento – *Sprint Planning*, ciclos diários – *Daily Sprints* – onde são feitos o desenvolvimento e a filtragem dos requisitos, revisão – *Sprint Review* – e retrospectiva – *Sprint Retrospective* – que recomeça os ciclos;
- O incremento do produto – *Product Increment* – no qual o que foi produzido no ciclo é adicionado ao projeto;
- A resposta do produto – *Product Feedback* – da qual novos requisitos são adicionados na retrospectiva dos ciclos se aceitos.

2.2.3 Processos de Avaliação de Software

A avaliação do software possui processos de elaboração e execução de testes que buscam garantir a boa qualidade do software. Segundo [Pressman \(2011\)](#), a qualidade de software é a gestão para criação de produtos úteis de valor mensurável para quem o produz e quem o utiliza. A qualidade de software possui seis fatores definidos pela *International Organization for Standardization* (ISO) ou Organização Internacional de Normalização na ISO 9126 segundo a [ISO \(2001\)](#), que são:

- Funcionalidade, que é o grau de satisfação das necessidades declaradas;
- Confiabilidade, que é o tempo de disponibilidade de uso do *software*;
- Usabilidade, que é o grau de facilidade de uso do software;
- Eficiência, que é o grau de otimização do uso do software;
- Facilidade de manutenção, que é a facilidade de realizar correções;
- Portabilidade, que é a facilidade do software ser transposto de ambiente.

A qualidade só pode ser garantida por meio dos testes durante o desenvolvimento de modo a minimizar os defeitos depois da liberação do *software*. Elaborar os testes depende de cada caso de desenvolvimento e para isso é preciso haver uma estratégia de teste de *software* adaptada.

Segundo [Pressman \(2011\)](#), a estratégia de *software* define os passos a serem executados nos testes, quando são planejados e executados e quanto trabalho, tempo e recursos serão necessários. O teste de *software* é dividido por verificação, que garante se o *software* faz certo, e validação, que garante se o *software* faz, e pode ser de diferentes tipos de acordo com amplitude do teste, sendo:

- Teste de unidade, que testa parte por parte do código com os casos de teste;
- Teste de integração, que testa a integração das partes do código do projeto;
- Teste de validação, que testa se o projeto atende os requisitos do sistema;
- Teste de sistema, que testa se o sistema atende os requisitos não-funcionais.

2.3 Metodologia de Desenvolvimento de Jogos

O desenvolvimento de jogos tem grande importância social e econômica, pois, além de fornecer socialização, entretenimento e desenvolvimento mental e motor, a indústria dos videogames gera milhões de empregos como dito por [Harbour \(2006\)](#).

De acordo com [Harbour \(2006\)](#) A indústria de jogos eletrônicos cresceu tanto que superou a indústria do cinema como a forma de entretenimento de maior renda e lucro, mas não substitui as outras, ainda mais que todas as indústrias estão interacionadas e interdependentes.

No processo de desenvolvimento como no desenvolvimento de qualquer *software* é preciso planejar com um projeto e sua documentação o que será feito. Segundo [Harbour \(2006\)](#), o processo é composto por fases, que podem variar de acordo com a metodologia de desenvolvimento de *software*, mas no geral são dados por:

- Projeto inicial com modelos das telas e uma visão geral dos requisitos;
- Motor do jogo, onde são desenvolvidos os geradores gráficos e a física do jogo;
- Protótipo, que testa o motor gráfico demonstrando o jogo pela interface;
- Controle de qualidade, que é a fase de testes para corrigir *bugs* no jogo;
- Pós-produção, que é o processo de gerar instalador, manual e site do jogo.

[Harbour \(2006\)](#) menciona que seguir orientações é necessário para fazer a documentação do projeto de um jogo, que podem ser alterados conforme a necessidade, onde a documentação é dividida em:

- Visão geral, que é uma descrição resumida do jogo com gênero, tema e objetivo;
- Requisitos e sistema alvo, que é a descrição de qual o sistema operacional para o jogo e os requisitos mínimos e recomendados para seu funcionamento;
- História, que descreve os acontecimentos antes, durante e depois da participação do jogador na história;
- Tema, que define a temática do jogo conforme cenário e som a serem usados;

- Menus, que descreve as telas dos menus e seus objetivos;
- Jogando o jogo, que explica a mecânica, do início até o fim, descrevendo o que acontece quando se joga;
- Personagens e *Non-Player Characters (NPCs)* ou Personagens Não Jogáveis, que descreve completamente os indivíduos presentes no jogo com nome, história e atributos;
- Visão geral da Inteligência Artificial, que pode descrever sucintamente ou com detalhes o comportamento que os *NPCs* têm;
- Conclusão, que descreve a motivação da criação do jogo ou explicação do porquê do jogo ser como é.

2.3.1 Desenvolvimento com Gráficos 2D

O desenvolvimento usando gráficos faz uso da computação gráfica para desenhar imagens compostas de *pixels*, que são os elementos atômicos das imagens e possuem atributo de cor, conhecido como *Red, Green, Blue (RGB)* ou Vermelho, Verde, Azul, dado pela combinação das escalas de 0 a 255 de vermelho, verde e azul. A manipulação dos *pixels*, dependendo do sistema e da linguagem de programação, é feita pela biblioteca gráfica, que podem trabalhar com a placa gráfica diretamente para facilitar o processamento gráfico e exibição na tela.

Segundo [Harbour \(2006\)](#), nas telas dos monitores antigos, chamados *Cathode Ray Tube (CRT)* ou Tubo de Raios Catódicos, os *pixels* eram desenhados por meio de vetores gráficos em duas dimensões (2D) representadas por x e y, que determinam a direção que os *pixels* eram alterados.

Usar imagens geradas em tempo de execução não é um bom modo de trabalhar com imagens, então normalmente se geram imagens antes em editores e as carregam no programa para depois serem usadas como partes do cenário ou sprites. De acordo com [Harbour \(2006\)](#), *sprite* é uma pequena imagem que se move na tela, que pode ser usada para animação desenhando as *sprites* de imagens similares em posições diferentes.

2.3.2 Desenvolvimento com Inteligência Artificial

Ao desenvolver um jogo usando inteligência artificial (IA) é necessário definir qual tipo ou tipos se deve usar dependendo do jogo e do que o sujeito da IA precisará para agir e como atuará. Como dito por [Harbour \(2006\)](#), existem vários campos da inteligência artificial, alguns são orientados a jogos e outros são mais acadêmicos, mas é possível usar quase todas em jogos. Dentre os vários campos de IA, as mais comuns em jogos são:

- Sistemas especialistas, que usa funções booleanas de verdadeiro e falso para decidir quais ações devem ser tomadas;

- Lógica difusa, que usa funções com espectro booleano na decisão das ações, ou seja, tem mais resultados que somente verdadeiro e falso;
- Algoritmos genéticos, que separam os elementos com os melhores dados e os combinam para gerar os elementos que dão melhores ações;
- Redes neurais, que imita o funcionamento do cérebro aprendendo com os resultados dos dados fornecidos para ter melhores ações;
- Algoritmos determinísticos, que são comportamentos pré-determinados e pode ser randômico, rastreador ou padronizado.

Máquinas de estado finito, que define estados de ações dados as determinadas condições encontradas no ambiente.

2.3.3 Processos de Validação de Jogos

Os jogos voltados para a educação são vistos como uma estratégia eficiente e motivadora para o ensino – aprendizagem, pois oferecem uma maneira diferenciada de aprender que foge das rotinas de sala de aula, segundo a pesquisa de [Strapason \(2011\)](#). No entanto a educação contida nesses jogos pode ser questionável, especialmente na área de computação, onde é possível não estabelecer o aprendizado de acordo [Petri et al. \(2016\)](#). Com isso, há uma necessidade de avaliar sistematicamente esses jogos, a fim de comprovar a sua qualidade.

[Akpinar \(2009\)](#) diz que o interesse por jogos educativos digitais vem crescendo ao longo dos anos, com isso houve a necessidade de criação de metodologias de avaliação. Essas metodologias utilizam instrumentos de revisão do sistema, perguntas de opinião, questionários que podem ser aplicados antes e depois de jogar o jogo com o objetivo de avaliar o desenvolvimento e aproveitamento dos alunos em relação ao assunto abordado.

Dentre os vários exemplos de metodologias existentes tem-se o *Learning Object Review Instrument (LORI)* e o *Model for the Evaluation of Educational Games (MEEGA+)*. Ambas são bastante utilizadas como instrumentos de avaliação de jogos educativos eletrônicos segundo [Nesbit et al. \(2007\)](#) para *LORI* e [Petri et al. \(2016\)](#) para *MEEGA+*.

2.3.3.1 A Metodologia MEEGA+

A metodologia utilizada para este trabalho foi o *MEEGA+* que fornece apoio sistemático para avaliar a qualidade dos jogos em termos de motivação, experiência do usuário e aprendizagem. Também é o modelo atual mais utilizado na prática de pós-avaliações de jogos segundo [Calderón e Ruiz \(2015 apud Petri et al., 2016\)](#).

Para este trabalho foi utilizado a metodologia MEEGA+, por se tratar de um questionário mais adequado para o nosso público alvo. Com perguntas de fácil compreensão, onde não é necessário que o aluno possua um bom conhecimento de termos científicos.

O MEEGA+ é um questionário de avaliação voltado para jogos educativos, que funciona tanto para jogos digitais ou não digitais como dito por [Petri et al. \(2016\)](#). O questionário é aplicado ao jogador logo após jogar o jogo em questão, e o mesmo é dividido em duas partes. Na primeira parte é perguntado apenas informações demográficas do jogador e na segunda parte é voltada para avaliação do jogo em si, com perguntas de níveis de 1 a 5, cujos temas de medições das perguntas são:

- Atenção focada / Imersão, onde avalia-se a atenção, a concentração focada, absorção e a dissociação temporal dos jogadores;
- Diversão, onde avalia-se a sensação de prazer, a felicidade dos jogadores, relaxamento e distração;
- Desafio, que é avaliação do quanto o jogo é suficientemente desafiador no que diz respeito à competência do jogador. O aumento de dificuldade deve ocorrer em um ritmo adequado que acompanha a curva de aprendizagem. Novos obstáculos e situações devem ser apresentados ao longo do jogo para minimizar a fadiga e para manter os jogadores interessados;
- Interação Social, que avalia se o jogo promove sensação de um ambiente compartilhado e estar conectado com outros jogadores em atividades de cooperação ou de concorrência;
- Confiança, que avalia se os jogadores são capazes de realizar todos os desafios do jogo devido ao seu esforço;
- Relevância, que avalia se os jogadores perceberam se a proposta educativa é consistente com seus objetivos e que eles podem vincular o conteúdo com o seu futuro profissional ou acadêmico;
- Satisfação, que avalia se os jogadores sentem que os resultados obtidos no jogo condizem com os seus próprios conhecimentos;
- Usabilidade, que é uma avaliação do jogo subdividido em temas, como:
 - Apreensível, que avalia se o jogo pode ser usado por usuários específicos para alcançar objetivos específicos de aprendizagem;
 - Operabilidade, que avalia a dificuldade de operar o controle do jogo;
 - Estética, que avalia se a interface do jogo permite a interação agradável e satisfatória para o usuário;
 - Acessibilidade, que avalia se o jogo pode ser usado por pessoas com deficiência visual baixa, moderada e/ou daltonismo ;

- Proteção contra Erros, que avalia se o jogo previne os usuários de cometer erros.

Também há a presença de perguntas do questionário do MEEGA+, que são mostrados abaixo nas Quadros 2, 3 e 4, para avaliar a experiência e motivação dos jogadores, a percepção da aprendizagem a curto prazo e se os objetivos pessoais de conhecimento foram alcançados a longo prazo.

Quadro 2: Perguntas sobre a Experiência do Jogador

Dimensão	Perguntas
Imersão	Esqueci minhas obrigações diárias. Estou focado no jogo
Imersão	Não percebi o tempo passar. Quando me dei conta o jogo terminou
Imersão	Estou a mais tempo no jogo do que na vida real. Não se importando com o que está acontecendo ao meu redor
Interação Social	Sou capaz de interagir com outros jogadores
Interação Social	Eu me diverti com outras pessoas
Interação Social	O jogo promove cooperação ou competição entre os jogadores
Desafio	O jogo é realmente um desafio. Tarefas nem muito fáceis nem muito difíceis
Desafio	O jogo não é monótono. Oferece novos obstáculos, tarefas e variações ao decorrer do jogo
Diversão	Eu me diverti com o jogo
Diversão	Estou em horário de aula jogando esse jogo. E quando a aula terminou. Fiquei desapontado porque o jogo acabou
Diversão	Gostaria de recomendar este jogo aos meus colegas
Diversão	Gostaria de jogar este jogo novamente
Competência	Consegui alcançar os objetivos do jogo aplicando meus conhecimentos
Competência	Senti uma produção positiva em relação a eficiência do jogo
Usabilidade	Os botões para executar ações do jogo responderam positivamente
Usabilidade	É fácil aprender como se joga o jogo

Fonte: Petri et al. (2016, tradução nossa)

Quadro 3: Perguntas sobre o Aprendizado do Jogador

Dimensão	Perguntas
Aprendizado a curto-prazo	O jogo contribuiu para o meu aprendizado neste assunto
Aprendizado a curto-prazo	O jogo foi eficiente para o meu aprendizado em comparação com outras atividades relacionadas ao assunto
Aprendizado a longo-prazo	A experiência com o jogo vai contribuir para o meu desempenho profissional na prática

Fonte: Petri et al. (2016, tradução nossa)

Quadro 4: Perguntas sobre a Motivação do Jogador

Dimensão	Perguntas
Atenção focada	O design do jogo é atraente (interface, gráficos, etc)
Atenção focada	Algo no início do jogo capturou minha atenção
Atenção focada	A variação entre as telas de jogo (forma, conteúdo ou atividades) me ajudou a manter a atenção para o jogo
Relevância	O conteúdo do jogo é relevante com os meus interesses
Relevância	A forma como o jogo funciona se adapta à minha maneira de aprendizagem
Relevância	O conteúdo do jogo está ligado a outros conhecimentos que eu já possuía
Confiança	É fácil compreender o jogo e começar a usá-lo como material de estudo
Confiança	Ao jogar o jogo, eu me senti confiante que estava aprendendo
Satisfação	Estou satisfeito porque eu sei que vou ter oportunidades para usar na prática as coisas que aprendi nesse jogo
Satisfação	Devido ao meu esforço pessoal eu consegui progredir no jogo

Fonte: Petri et al. (2016, tradução nossa)

Segundo Petri et al. (2016), a fim de avaliar o instrumento de medição MEEGA+, foi realizado o experimento em 24 diferentes jogos educativos em diferentes instituições de ensino superior de computação e formação profissional de tecnologia de informação (TI), envolvendo uma população de 1000 alunos.

Em resumo, os resultados obtidos mostraram evidências para considerar a confiabilidade da metodologia aceitável como um modelo para a avaliação de jogos educativos. Em termos de confiabilidade, os resultados da análise apresentaram um *Alfa de Cronbach* (Variável de avaliação de consistência) satisfatório para toda a qualidade (*Alfa de Cronbach* = 0,915, Máximo: 1), indicando uma consistência interna do instrumento. Assim, os resultados afirmam que os itens do MEEGA+ são consistentes e precisos em relação à avaliação dos jogos educativos.

2.4 Jogos Educativos

Fadel et al. (2014) menciona que o crescimento exponencial de *gamers* – jogadores de vídeo *games* – no Brasil confirma que os *games* são um fenômeno cultural. Acrescentam também que o Ministério da Cultura apoia o desenvolvimento de ambientes *gamificados* como *Geekgames* – uma plataforma online de aprendizado para preparar os alunos para o Exame Nacional para o Ensino Médio (ENEM).

Segundo Fadel et al. (2014), os jogos, por si só, auxiliam na formação do indivíduo, sejam nas funções cognitivas como nas motoras, e por sua vez os jogos educativos pela *gamificação* na educação proporcionam um maior desenvolvimento do aprendizado. A *gamificação* possibilita a conexão da escola com o universo dos jovens com o foco na aprendizagem, utilizando os elementos tradicionais juntamente com a mecânica dos jogos ao invés de focar somente nos

resultados tradicionais como nota.

Segundo Muntean (2011 apud [Fadel et al., 2014](#)), o sucesso da *gamificação* na educação depende do engajamento do indivíduo, que é proporcionado pelos elementos prazerosos e desafiadores, e do desenvolvimento das habilidades cognitivas e motoras. E segundo Vienna et al. (2013 apud [Fadel et al., 2014](#)), o nível de engajamento é definido pelo tempo e pela dedicação nas tarefas, ou seja, a relação de imersão do sujeito no ambiente, que gera maior motivação.

Segundo Zichermann e Cunnigham (2011 apud [Fadel et al., 2014](#)), as pessoas motivadas jogam por quatro razões, obter domínio do assunto, aliviar o stress, entreter-se e socializar-se e há também quatro aspectos para a diversão, competição pela vitória, exploração do ambiente, sentimento alterado pelo jogo e envolvimento por outros jogadores. A motivação se baseia na junção das experiências vividas pelo indivíduo com a proposição de novas perspectivas internas e externas de reassociação desses métodos ao pensamento independente propiciando bem-estar ao jogador.

Os autores Li, Grossman e Flitzmaurice (2012 apud [Fadel et al., 2014](#)) destacam, que os elementos dos jogos que podem favorecer a motivação são:

- Situações Fantásticas, que tornam a experiência do jogo mais emocionante e o que estimula o imaginário do jogador;
- Objetivos Claros, que possibilitam a inclusão do sujeito ao sistema, conforme ele entende o que deve ser feito no ambiente do jogo;
- Feedback e Orientação, que favorecem respostas imediatas do sistema ao jogador possibilitando que falhas possam ser evitadas ou tratadas;
- Crescimento Contínuo de Habilidades, que define que o jogo deve promover o aumento progressivo de conhecimento do usuário;
- Tempo e Pressão, que ajudam na criação de metas claras e desafiadoras;
- Recompensas, que medem o desempenho ao concluir partes do jogo;
- Estímulos, que são alterações no ambiente interno ou externo dos jogos.

Li, Grossman e Flitzmaurice (2012 apud [Fadel et al., 2014](#)) entendem que para manter o usuário motivado em qualquer ambiente é preciso fornecer estímulos de alta qualidade e com diferentes formatos, então deve-se criar elementos mais eficientes de um jogo para a criação e adaptação das experiências.

Muntean (2011 apud [Fadel et al., 2014](#)) define que os elementos ou a mecânica de um jogo é composta de várias ferramentas capazes de produzir respostas significativas aos jogadores, onde as ferramentas que mais se destacam são:

- Pontos, que podem servir como estímulo e como dados para o desenvolvedor acompanhar os resultados;
- Níveis, que são etapas do progresso no jogo e podem ser usadas como controle de crescimento da habilidade e conhecimento do indivíduo;
- Placar, que são geralmente listas ordenadas com pontuações e tem como propósito comparar o progresso do indivíduo com outros jogadores;
- Divisas, que são elementos simbólicos que denotam os objetivos e constantes progressos e incentivam a promoção social que aumenta o nível de engajamento;
- Integração, que permite ao usuário na primeira vez se sentir parte do ambiente e para tal a complexidade do sistema deve ser revelada gradativamente com reforços positivos num ambiente de raras falhas enquanto algo é aprendido sobre o jogador;
- Desafios e missões, que indicam algo interessante e substancial que deverá ser realizado para promover uma experiência global e como há diferentes perfis de jogadores é preciso criar muitas opções interessantes dentro do ambiente;
- *Loops* de engajamento, que são processos contínuos de reengajamento do jogador dado pela criação e manutenção de emoções motivadoras sucessivas;
- Personalização, que permite ao jogador transformar os itens, mas as modificações devem ser disponibilizadas gradualmente para evitar desmotivá-lo;
- Reforço e *Feedback*, que informam ao jogador onde se encontra no ambiente e o resultado de suas ações.

2.5 Revisão Sistemática

De acordo com [Munzlinger et al. \(2012\)](#), a Revisão Sistemática é um protocolo de estudo secundário de um tema proposto. Sendo que o estudo primário é o objetivo deste tema e a fonte de dados da pesquisa. E para formalizar esses estudos é recomendável seguir este protocolo para se obter o maior número de estudos semelhantes que já foram inseridos na literatura. Sendo estes passados por um processo de avaliação de relevância para o tema proposto.

Segundo [Fastformat \(2015\)](#)⁵, podemos dividir o protocolo de revisão da literatura em três fases, que são:

- Planejamento da revisão, que consiste na validação de uma sequência de palavras-chave (*String* de busca) de acordo com o trabalho.;

⁵ Site de guias para produção acadêmica e vida profissional. Para mais informações acesse: <http://blog.fastformat.co/revisao-sistemica-da-literatura-o-que-e-como-fazer/>. Acesso em 20/11/2016.

- Condução da revisão, é realizada a busca nas bases acadêmicas utilizando a *String* de busca planejada, onde os trabalhos encontrados passarão por critérios de inclusão e exclusão;
- Documentação da revisão, que é o registro de toda a pesquisa. Pode ser feita por meio de tabelas ou gráficos. .

3

Trabalhos e Produtos Correlatos

Para realização da pesquisa deste trabalho utilizamos dois processos de busca:

1. O método de Revisão Sistemática da Literatura elaborado por Kitchenham e Charters (2007) para a busca dos artigos nas bases acadêmicas, que é demonstrado na seção 3.1.;
2. Busca de soluções no mercado por meio da cadeia de caracteres “*Cell Evolution*” em jogos nas lojas digitais para desktop, *Steam*⁶, e para dispositivos móveis, *Google Play*⁷, que é demonstrado na seção 3.2.

3.1 Revisão Sistemática nas Bases Acadêmicas

Segundo o protocolo de Kitchenham e Charters (2007), o desenvolvimento desta revisão sistemática foi dividido em três etapas, que são:

1. Busca por trabalhos relevantes já validados que apresentam significativa contribuição para o tema;
2. Fase de seleção e filtragem dos artigos seguindo critérios de inclusão e exclusão;
3. Fase de extração de dados.

Antes de começar a revisão foi preciso definir as características deste trabalho que simula uma espécie num ambiente aquático que tentará sobreviver a outras espécies, seguindo os

⁶ Plataforma de aquisição e gestão de direitos digitais de softwares da *Valve*, desenvolvedora de jogos. Disponível em: <<http://store.steampowered.com>>. Acesso em 30/03/2016.

⁷ Loja online da *Google*, que distribui aplicativos para celulares de sistema operacional *android*. Disponível em: <<https://play.google.com/store>>. Acesso em 30/03/2016.

conceitos da Seleção Natural. Além disso também será preciso sobreviver à mudanças climáticas do ambiente. As características desse trabalho são:

- Jogo de Sobrevivência, onde o controlador precisa sobreviver em um ambiente desconhecido onde ocorrerão mudanças em que o usuário precisará se adaptar a elas. Tais como, buscar alimentos, fugir de predadores e sobreviver a impactos ambientais;
- Seleção Natural Celular, onde o jogo se apresenta em um ambiente microscópico. Aonde haverá células, que serão representadas em diferentes formatos. Inclusive o jogador começará sendo uma delas;
- Impactos Ambientais, as mudanças climáticas também farão parte do jogo, e dependendo das espécies que forem controladas eles podem ajudar ou atrapalhar;
- Estrutura de Eventos, uma tabela semelhante a um diagrama de atividades de um software é apresentada mostrando os diversos caminhos que o jogo pode trilhar dependendo das ações do jogador;
- Validação do Jogo, onde estudantes são avaliados e questionados se houve alguma evolução no seu conhecimento sobre o presente tema que é o foco de aprendizagem e se o conteúdo apresentado condiz com os seus objetivos.

Dada as características, é iniciado o processo de revisão sistemática. Esta revisão também foi desenvolvida e realizada por três pesquisadores. E por ter sido feita por múltiplos participantes às etapas de seleção e extração foram discutidas entre os mesmos, a fim de se chegar a um acordo para o processo de decisão final dos artigos selecionados.

A primeira etapa da revisão foi a busca por artigos correlatos por meio de um argumento de busca, *String* de busca, que para defini-lo são identificadas as palavras-chave para a pesquisa. Essas palavras devem estar relacionadas ao foco da revisão sistemática.

O argumento de busca foi definido como: (biologia *OR* biology) *AND* (computação *OR* computer) *AND* (educação *OR* education) *AND* (jogo *OR* game). Onde foram encontrados 407 trabalhos ao todo nas seguintes bases de publicações: *Engineering Village* (2017), *IEEEExplore* (2017), *Scopus* (2017), *Web of Science* (2017) e *Science Direct* (2017). O resultado da busca pode ser vistos na Tabela 1.

Tabela 1 – Trabalhos Encontrados nas Bases de Publicações

Motor de Busca	Resultados encontrados
<i>Engineering Village</i>	38
<i>IEEEXplore</i>	6
<i>Scopus</i>	105
<i>Web of Science</i>	51
<i>Science Direct</i>	207
Total	407

Fonte: Autores (2017)

Os resultados obtidos da revisão nas bases acadêmicas ainda possuem duas etapas a serem cumpridas. Então na segunda etapa desta revisão foram utilizados critérios de inclusão (I) e exclusão (E) na seleção dos artigos para análise.

Os Critérios de Inclusão são:

- I1** Área da Evolução Biológica;
- I2** Jogo Educativo;
- I3** Jogo Relacionado à Biologia;
- I4** Público Alvo de Alunos do Ensino Fundamental;
- I5** Área de Citologia;
- I6** Apresenta Metodologia de Validação.

E os Critérios de Exclusão são:

- E1** Público Alvo Diferente do Ensino Fundamental;
- E2** Não é Jogo Relacionado a Biologia;
- E3** Não Pertence a Área de Computação;
- E4** Não Estarem em Inglês, Português ou Espanhol;
- E5** Jogos não Computacionais;
- E6** Não é Desenvolvimento de Jogos;
- E7** Trabalhos com Metadados Insuficientes.

A seleção dos artigos foi feita de forma individual entre os participantes envolvidos ou pesquisadores 1, 2 e 3, onde cada pesquisador apresentou sua própria avaliação dos dados. Cada trabalho retornado da base de publicações foi analisado com base no título, palavras-chave e o resumo. E ao final desta análise, cada pesquisador obteve seus resultados de artigos aceitos, rejeitados ou duplicados, como mostrado na Tabela 2.

Tabela 2 – Situação de Artigos Selecionados por Participantes

Participantes	Aceitos	Rejeitados	Duplicados
Pesquisador 1	13	313	81
Pesquisador 2	19	307	81
Pesquisador 3	41	285	81

Fonte: Autores (2017)

Houve uma divergência entre os pesquisadores. Com isso a filtragem dos trabalhos para serem aceitos como correlatos foi discutida em reuniões presenciais e semanais entre os participantes.

Na discussão foram analisados os trabalhos aceitos por mais de uma pessoa para tentar convencer o terceiro indivíduo a aceita-los e os trabalhos aceitos por somente uma pessoa foram verificados para ver se podiam ser descartados. Os trabalhos que foram aceitos pelos três participantes já foram diretamente aceitos como trabalho correlato. Ao final das etapas de discussão obteve-se um total de 7 trabalhos correlatos.

E a terceira etapa da Revisão Sistemática foi analisar os 7 trabalhos correlatos e relacioná-los por meio de características que estiverem presentes nos trabalhos e nesta aplicação de jogo educativo sobre evolução das células.

Nesta etapa todos os artigos foram lidos por completo para explorar suas particularidades para a Fase de Extração de Dados a fim de criar uma ligação entre as características do estado da arte com as do trabalho proposto, como mostrado nas Quadros 5, 6 e 7.

Quadro 5: Índice das Características do Trabalho Proposto

ID	Característica
C1	Jogo de Sobrevivência
C2	Seleção Natural Celular
C3	Impactos Ambientais
C4	Estrutura de Eventos
C5	Testes feitos com Estudantes

Fonte: Autores (2017)

Quadro 6: Trabalhos Correlatos

ID	Nome do Trabalho	Citação
A1	<i>Development of Digital Game-based Biology Learning Experience on Cell Cycle through DSLM Instructional Approach</i>	Kanyapakit and Srisawasdi (2014)
A2	<i>Meta!Blast computer game: a pipeline from science to 3D art to education</i>	Schneller et al. (2012)
A3	<i>Taming the devil: A game-based approach to teaching immunology</i>	Nankervis et al. (2012)
A4	<i>Developing a Digital Game-Based Situated Learning System for Ocean Ecology</i>	Lo et al. (2008)
A5	<i>Modeling a Virtual World for the Educational Game Calangos</i>	Loula et al. (2014)
A6	<i>A Game about Biology for Biology Students Cell Life as a Learning Tool</i>	de Deus and Lopes (2013)
A7	<i>Learning through playing Virtual Age: Exploring the interactions among student concept learning, gaming performance, in-game behaviors, and the use of in-game characters</i>	Cheng et al. (2015)

Fonte: Autores (2017)

Quadro 7: Relação dos Trabalhos Correlatos com o Trabalho Proposto

ID	Características				
	C1	C2	C3	C4	C5
A1		X			X
A2	X	X			
A3		X			X
A4			X	X	
A5	X		X	X	X
A6		X			X
A7	X		X		X

Fonte: Autores (2017)

Dentre as publicações, tem-se o trabalho de [Schneller et al. \(2012\)](#) que possui as características mais importantes, C1 e C2, que são o foco do projeto. O trabalho apresenta mais foco para a modelagem com utilização de ferramentas computacionais visuais e apresenta um modelo de inteligência artificial no jogo. Porém, o trabalho [Schneller et al. \(2012\)](#) ainda é incompleto por não apresentar as outras características restantes.

Outros trabalhos possuem somente a característica C1, que são eles, [Loula et al. \(2014\)](#) e [Cheng et al. \(2015\)](#) que apresentam um jogo com um cenário real onde o jogador controla uma espécie que deverá sobreviver. O jogo se passa num ambiente com alimento, predadores e

impactos ambientais ou C3 e o jogador deve se reproduzir em ainda mais espécies diante das dificuldades com o objetivo de evitar a extinção.

Outros trabalhos possuem somente a característica C2, que escolheram o ambiente microscópico de células apresentadas nos trabalhos Kanyapasit and Srisawasdi (2014), Nankervis et al. (2012) e de Deus and Lopes (2013). Sendo que o Nankervis et al. (2012) é mais focado em imunologia celular, que não apresenta a evolução da célula no ambiente. E os trabalhos Kanyapasit and Srisawasdi (2014) e de Deus and Lopes (2013) obedecem a C2, porém não apresentam um jogo de sobrevivência, mas um conjunto de perguntas e respostas com progressão do jogo dependente das respostas desses questionários.

O trabalho Lo et al. (2008), apesar de não apresentar as características C1 e C2, é um trabalho focado na vida submarina de uma tartaruga, onde ela precisa sobreviver e se reproduzir em meio às diversidades do oceano. Para sobreviver é preciso ganhar minijogos oferecidos pelo jogo. O trabalho apresenta uma estrutura de eventos ou C4 que consiste em um diagrama que apresenta todos os acontecimentos do jogo, incluindo os três diferentes finais que pode acontecer à tartaruga dependendo das escolhas do jogador.

E os trabalhos que se encaixam em C5, apresentam uma elaboração e execução de questionários avaliativos com alunos regulares de instituições de ensino-aprendizagem. Essa característica enriquece a consistência de informações apresentadas. O que também é visto como prioridade neste projeto.

3.2 Busca de Soluções Semelhantes no Mercado

Foi realizada uma pesquisa de soluções semelhantes no mercado, com a cadeia de busca “*Cell Evolution*”, nas lojas digitais para *desktop*, *Steam*, e para celular, *Google Play*. A fim de buscar produtos correlatos existentes no mercado referentes ao tema deste projeto. A pesquisa ocorreu em março de 2016 e obteve um total de 3 resultados na *Steam* e 215 na *Google Play*.

Após buscar, foram selecionados os resultados por relevância, se realmente era um jogo e se condizia com a temática do trabalho, obtendo 9 resultados no *Google Play*. E ao final foi feito a seleção por popularidade chegando a 1 resultado na *Steam*, com *Spore* (2017), e 3 resultados na *Google Play*, com *Cell Lab*. (2017), *Plague Inc.* (2017) e *Agar.io* (2017). Segundo o dicionário Michaelis⁸, o conceito de popular é o que é do agrado do povo então a popularidade é definida por quantas pessoas avaliaram e quantas avaliações foram positivas.

Todos esses passos mencionados acima que foram seguidos na busca são demonstrados na Tabela 3.

⁸ Dicionário online da editora Melhoramentos. Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br/moderno/portugues/index.php?lingua=portugues-portugues&palavra=popular>>. Acesso em 30/05/2016.

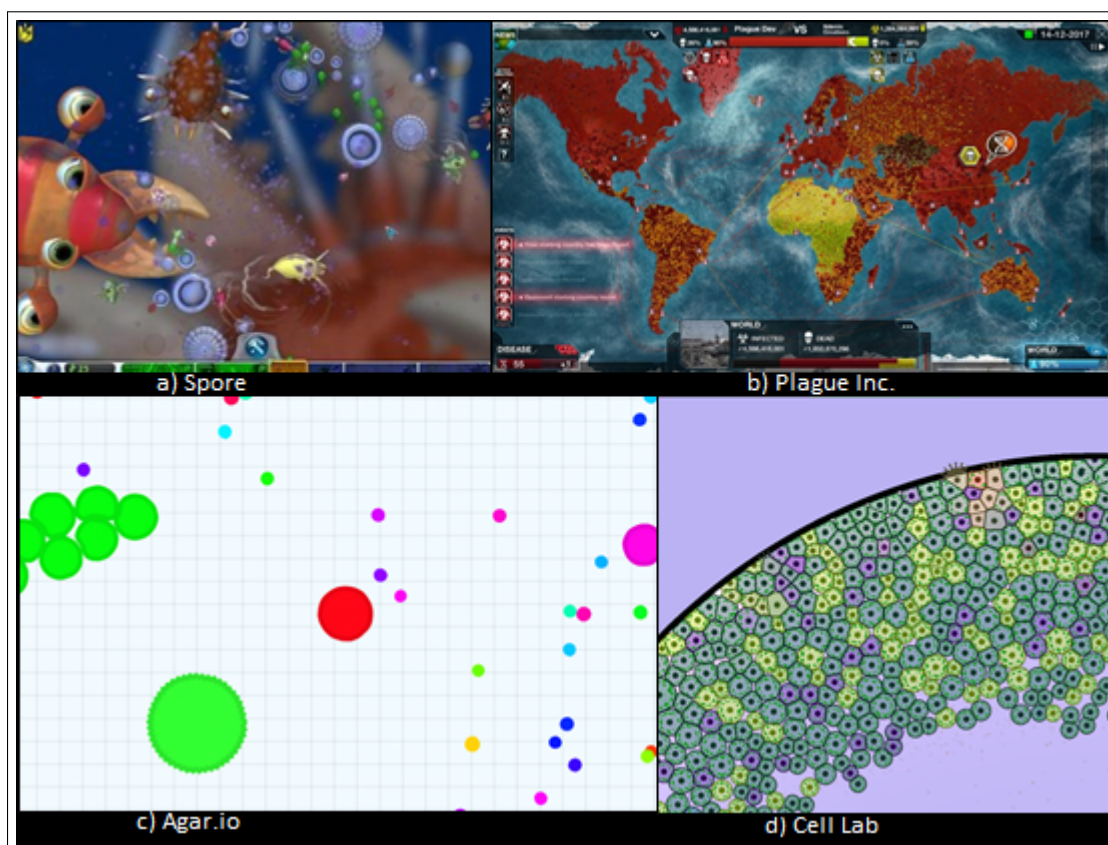
Tabela 3 – Resultados a Cada Passo da Busca dos Produtos

Lojas	Resultado da Busca	Seleção por Relevância	Seleção por Popularidade
Steam	3	3	1
Google Play	215	9	3

Fonte: Autores (2017)

Dado o resultado da seleção há 4 jogos, onde na Figura 1 é mostrada a tela desses jogos selecionados. No [Spore](#) (2017) da Figura 3a, o jogador controla o desenvolvimento da espécie de um organismo microscópico até um ser inteligente. [Plague Inc.](#) (2017) da Figura 3b é um jogo que simula um agente patogênico que se adapta para extinguir a humanidade. [Agar.io](#) (2017) da Figura 3c é um jogo brasileiro, onde jogadores competem controlando uma célula e crescem na medida que vai se alimentando de outras células menores. [Cell Lab](#). (2017) da Figura 3d é um jogo com vários desafios, onde para ganhar é necessário projetar seres unicelulares que sobrevivam ao meio.

Figura 3 – Telas dos jogos selecionados



Fonte: [Spore](#) (2017), [Plague Inc.](#) (2017), [Agar.io](#) (2017) e [Cell Lab](#). (2017)

Com esses resultados é possível criar um quadro relacionando as características desses produtos com o que é proposto nesse trabalho, mostrados na Tabela 8 abaixo:

Quadro 8: Relação das Características com os Jogos

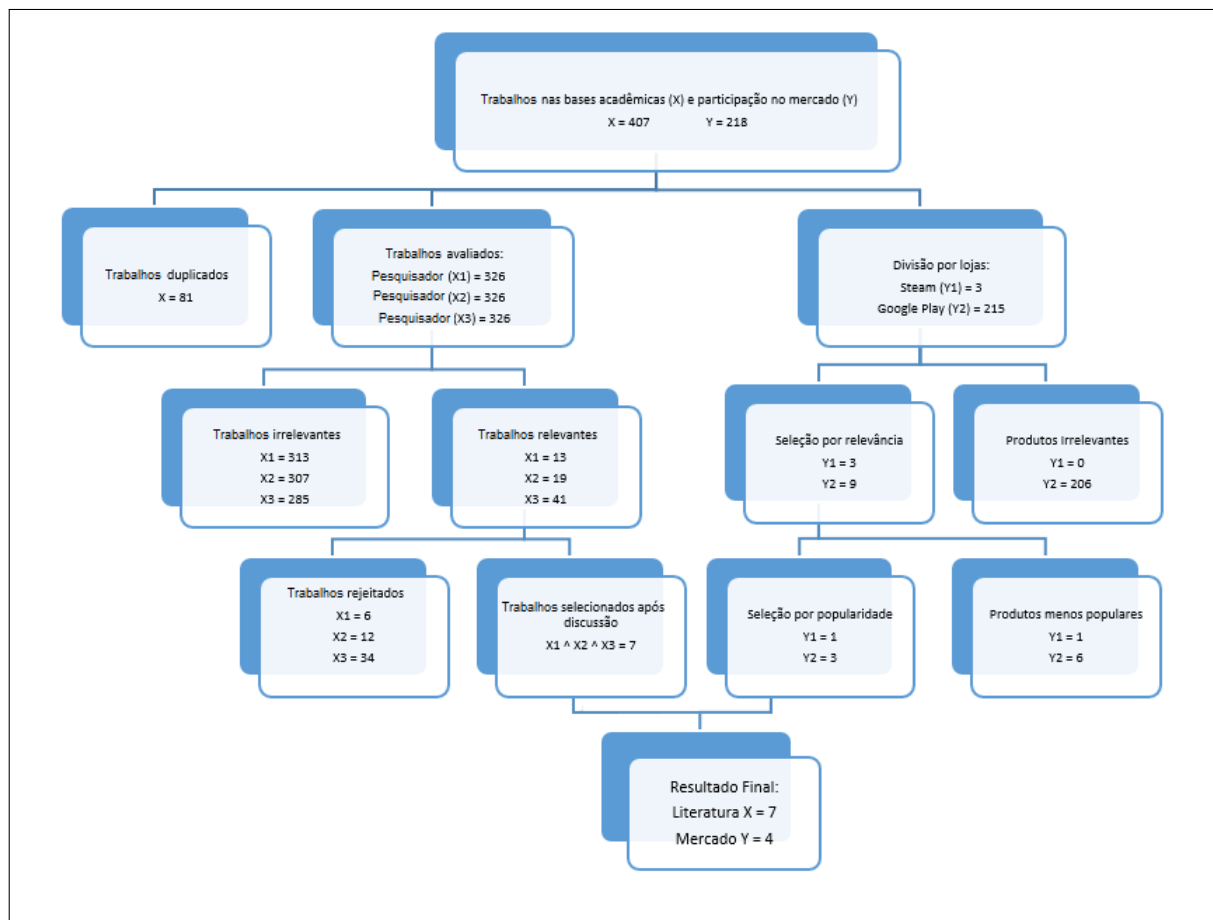
Jogo	Abordagem da Origem da Vida	Abordagem da Evolução	Simulação dos Seres Unicelulares	Educativo
<i>Spore</i> (2017)	X	X		
<i>Cell Lab.</i> (2017)		X	X	X
<i>Plague Inc.</i> (2017)		X	X	X
<i>Agar.io</i> (2017)			X	
<i>Natural Selection</i>	X	X	X	X

Fonte: Autores (2017)

3.3 Síntese dos Trabalhos e Produtos correlatos

Na Figura 4 é mostrado o diagrama com todo o processo de análise e discussão dos resultados das buscas, onde X simboliza os resultados nas bases acadêmicas e Y simboliza os produtos similares no mercado.

Figura 4 – Diagrama do processo de seleção dos trabalhos e produtos correlatos.



Fonte: Autor

O resultado obtido foi de 407 artigos nas bases acadêmicas, sendo que primeiramente

foram removidos da avaliação 81 artigos duplicados. Os 326 artigos restantes foram avaliados por relevância por cada participante, onde os resultados divergiram como mostrados em X1, X2 e X3. Após a discussão pelos resultados, foram selecionados 7 artigos que foram aceitos por todos como mostrados como a interseção de X1, X2 e X3.

Enquanto que o resultado obtido da busca do mercado foi de 218 produtos, sendo 3 da *Steam* simbolizado por Y1 e 215 da *Google Play* simbolizado por Y2. Os produtos similares então foram avaliados por relevância, onde somente 9 dos 215 foram selecionados da *Google Play*. E ao final da análise do mercado somente 4 foram aceitos após seleção por popularidade, sendo 1 da *Steam* e 3 da *Google Play*.

Dados os 4 produtos resultantes da seleção do resultado da busca de mercado foi possível relacionar as características dos produtos para o projeto proposto, que deve fazer uma abordagem educativa da origem da vida e da evolução de seres unicelulares.

4

Desenvolvimento do *Natural Selection*

O jogo desenvolvido tem o nome de *Natural Selection* que tem como objetivo manter viva uma população de espécimes de uma determinada espécie selecionável antes de começar o jogo. Nessa seleção é necessário escolher a espécie que suporte as temperaturas máxima e mínima do ambiente.

Assim que o jogo é iniciado, o jogador controla um espécime que se locomove em busca de comida e foge de predadores. Conforme ele vai se alimentando haverá a reprodução de novos espécimes daquela espécie, aumentando a sua população e a sua força. Caso o espécime controlado pelo jogador morra, ele controlará outro indivíduo da mesma espécie. E se por acaso houver a morte de todos os indivíduos da espécie, essa é declarada extinta e o jogador perde.

Ao passar do tempo, mudanças no meio ambiente vão ocorrendo e o jogador pode escolher um espécime de uma nova espécie, derivada da espécie controlada, que mais se adapte ao meio. No final somente sobreviverão os seres mais adaptados às mudanças do ambiente, que é dado pela mudança de temperatura, pela quantidade de alimento e dos predadores.

O desenvolvimento desse jogo está estruturado em etapas do processo de engenharia de *software*, que são:

- Documentação, que descreve como será feito o projeto por funcionalidades e funcionamento delas;
- Desenvolvimento do código, que descreve como foi feito a codificação e testes do jogo;
- Validação com os *stakeholders*, que descrevem como o jogo foi validado com o público alvo.

4.1 Documentação

A documentação, que por mais que seja reduzida em metodologias ágeis, é necessário para o planejamento, que facilita e agiliza a criação do código e de seus testes. Para esse projeto foi criado uma lista de requisitos, diagramas e hierarquia de telas para a documentação.

4.1.1 Requisitos

No desenvolvimento do projeto foi estabelecido as funções do jogo nos Requisitos Funcionais, que são mostrados na Quadro 9. Desses requisitos os RF001 e RF006 vão aplicar a validação do jogo, enquanto os requisitos RF002, RF003, RF004 e RF005 vão abordar a evolução da biologia com pontos, níveis e desafios.

Quadro 9: Requisitos Funcionais

ID	Descrição	Prioridade
[RF001]	Aplicar o questionário	Alta
[RF002]	Mudar o ambiente ao passar do tempo	Alta
[RF003]	Controlar a população das espécies	Alta
[RF004]	Permitir que o usuário selecione uma espécie	Alta
[RF005]	Permitir que o usuário manipule o espécime	Alta
[RF006]	Guardar as respostas do jogador	Alta

Fonte: Autores (2017)

E o funcionamento do jogo é representado nos Requisitos Não Funcionais mostrados na Quadro 10, dentre esses requisitos temos RNF002 e RNF003 para reforço e *feedback* ao jogador e o RNF004 para validação do jogo.

Quadro 10: Requisitos Não Funcionais

ID	Descrição	Prioridade
[RNF001]	Exibir o menu principal	Alta
[RNF002]	Exibir a tela de seleção	Alta
[RNF003]	Exibir a tela do jogo	Alta
[RNF004]	Exibir a tela do questionário	Alta
[RNF005]	Funcionar nas máquinas superiores ao requerimento mínimo	Alta
[RNF006]	Executar em qualquer sistema operacional	Alta
[RNF007]	Funcionar acima dos 30 quadros por segundo	Alta

Fonte: Autores (2017)

Sendo que o requerimento mínimo, mencionado no RNF005, é possuir um processador de mais de 2,2 GHz, mais de 2GB de *Random-access Memory (RAM)* ou Memória de Acesso Aleatório e Java instalado.

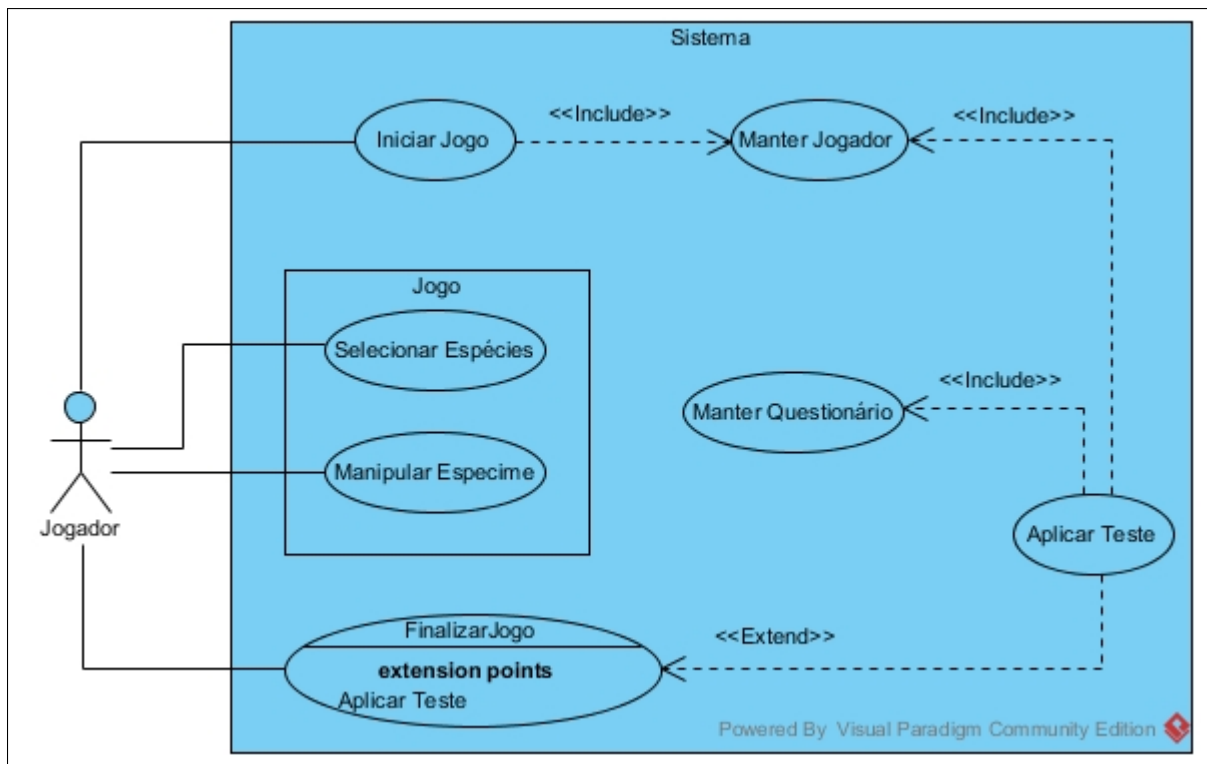
4.1.2 Diagramas

No desenvolvimento, para demonstrar o funcionamento e a estrutura visualmente do projeto faz-se necessário o uso de diagramas, então foram feitos três diagramas, de casos de uso, de classes e de máquina de estados.

4.1.2.1 Diagrama de Casos de Uso

O Diagrama de Casos de Uso mostrado na Figura 5 mostra as funcionalidades do sistema por casos de uso, que são representadas pelas elipses, e suas relações seja com outro caso ou ator. Sendo que as relações entre casos de uso são *include* ou de inclusão, onde o caso inclui a funcionalidade do outro, e *extend* ou de extensão, onde o caso pode incluir a funcionalidade.

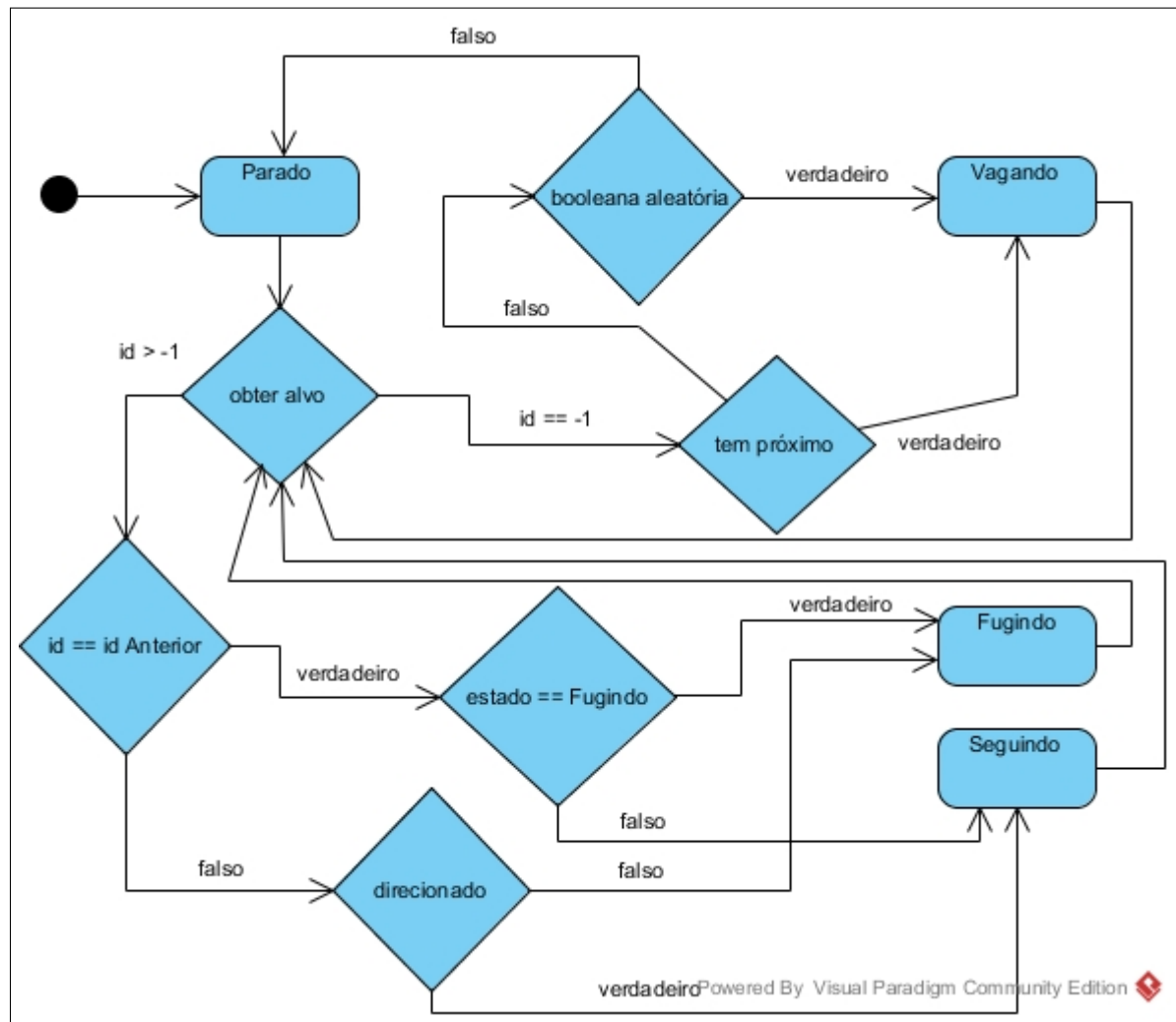
Figura 5 – Diagrama de Casos de Uso



Fonte: Autor

Como mostrado nos casos de uso o jogador pode iniciar o jogo, selecionar espécies, manipular espécime e finalizar o jogo do sistema. Finalizar o jogo pode aplicar o teste, que por sua vez inclui a manutenção do questionário e do jogador.

Figura 7 – Diagrama de Máquina de Estados



Fonte: Autor

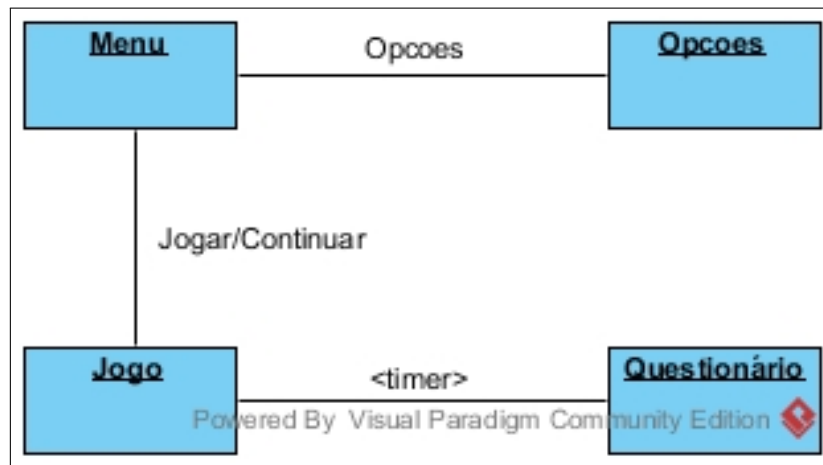
Como demonstrado o jogo deverá ter 4 estados para a IA, parado, vagando, fugindo e seguindo, que vão simular os movimentos do ser vivo para sobreviver de acordo com as condições do ambiente.

4.1.3 Hierarquia de Telas

Continuando o planejamento do projeto e com intuito de ilustrar a transição das telas foi criado uma hierarquia de telas como mostrada na Figura 8. O trabalho tem como telas de menu, opções, jogo e questionário, sendo que a tela do jogo tem uma alternância entre a tela de seleção e a tela do jogo.

A tela do menu vai abrir as telas de opções e as telas de jogo pelos botões mostrados nas relações entre as telas e a tela do questionário vai ser aberto depois de um certo tempo da tela do jogo ter sido iniciada.

Figura 8 – Hierarquia de Telas



Fonte: Autor

4.2 Codificação

A descrição de como foi feito o desenvolvimento do código está dividido nas ferramentas usadas, nas reuniões feitas e na escrita e testes do código.

4.2.1 Ferramentas

A linguagem de programação utilizada foi o Java pelo ambiente de desenvolvimento Eclipse, além das ferramentas essenciais para o desenvolvimento do código do jogo, foram também utilizadas ferramentas para a organização das tarefas e seus prazos pela aplicação de navegador Trello⁹ e controle das versões do código pelo sistema Git¹⁰ por meio do servidor Github¹¹.

O Trello usa o método Kanban para visualizar o fluxo do trabalho, onde a gestão do projeto é feita por meio de cartões com listas de tarefas, onde os cartões são chamados de *To Do* ou *Por Fazer*, *Doing* ou *Fazendo* e *Done* ou *Feito*. Esse método auxilia na metodologia ágil, já que promove um acompanhamento do que precisa ser feito enquanto se está fazendo tarefas para que quando concluídas seja possível revisar o que foi feito.

O Git permite um controle do código por meio de repositórios, onde se pode voltar para uma versão anterior ou alternar entre ramos do desenvolvimento do código. Dada essas funcionalidades do Git e o servidor Github o código pode ser colocado num repositório conectado a internet e portanto acessível para os outros membros envolvidos no projeto.

⁹ Aplicativo web de gestão de projetos da Atlassian. Disponível em: <<https://trello.com/>>. Acesso em 20/09/2017.

¹⁰ Sistema de controle de versões de código fonte criado por Linus Torvalds. Disponível em: <<https://git-scm.com/>>. Acesso em 20/09/2017.

¹¹ Plataforma de hospedagem de código fonte com controle de versão Git. Disponível em: <<https://github.com/>>. Acesso em 20/09/2017.

4.2.2 Reuniões

As reuniões que são essenciais no Scrum foram feitas diariamente, que foi feita por chamada de áudio pela internet, e outra reunião semanalmente, que foi feita pessoalmente na sala do orientando. Nas reuniões semanais foi discutido as próximas tarefas e revisado o progresso feito até a reunião e nas reuniões diárias o progresso foi acompanhado respondendo as perguntas:

- O que eu fiz ontem que ajudou a atingir a meta do *Sprint*?
- O que eu farei hoje para ajudar a atingir a meta do *Sprint*?
- Eu vejo algum impedimento que não permita atingir a meta do *Sprint*?

4.2.3 Escrita do Código

Por meio das ferramentas e reuniões foi feita a escrita do código fonte em Java por meio do Eclipse e esse código criado de algumas classes, que são aqui mencionadas, estão disponíveis no Apêndice A.

Primeiramente, a codificação começou pelas classes da interface gráfica do usuário para exibir os dados das bases de dados do jogo nas telas da hierarquia de telas e interagir com a entrada de dados dos periféricos. A renderização, que possui classes de renderização para cada tela, e atualização dos dados ficou reservado a classe Painel, que tem um núcleo de execução ou *Thread* próprio para tais funções. No renderizador do jogo foram criadas classes base Mapa, para gerir os blocos das coordenadas do mapa, e *Sprite*, para renderizar o mapa e as entidades com *Sprites*. A classe Mapa faz uso de um arranjo de cores em RGB para associar os tipos de *Sprites* que serão renderizados nos blocos. E a classe *Sprite* extrai as *Sprites* das Folhas de *Sprites*, que são imagens com várias *Sprites* adjacentes uma das outras.

Depois foram criadas as classes de base de dados, que são as classes dos componentes para os dados das entidades como posição, velocidade e as *Sprites* da Espécie, a classe com os dados do ambiente, que são as temperaturas máxima e mínima, e as classes auxiliares como Questionário, Jogador, Entidade e outras classes, que foram criadas para os controladores.

E por fim os controladores, que fazem parte do sistema como as classes de interface gráfica, para intermediar as classes base de dados com a interface gráfica. Foram criados também controladores especiais para a movimentação do jogador e da inteligência artificial, que fez uso do algoritmo A*, onde por intermédio do cálculo do custo por nó do caminho gera o melhor caminho entre dois pontos.

Além dessas classes da arquitetura do *software* foram criadas outras classes do sistema de utilitário para gestão dos arquivos, que são as opções, questionário e outros, periféricos, que são mouse e teclado, opções, que gerencia as mudanças de resolução e entrada de dados, e outras.

4.2.4 Testes do Código

Os testes foram feitos conforme foi desenvolvido o código, sendo que os testes para os controladores foram feitos usando classes teste *JUnit*¹², onde foram usadas anotações e asserções para os testes, e os testes da interface gráfica foram feitos manualmente forçando acontecimentos que são aleatórios.

Ao criar uma classe de teste do *JUnit* foram criados métodos iniciar antes dos testes com a anotação *@Before* para que os métodos de teste com a anotação *@Test* funcionassem como mostram na Figura 9. Nos métodos de teste para descobrir se a condição de teste foi atendida ou não foram usados asserções com os métodos *assert* podendo ser para verificar verdade, falsidade ou igualdade.

Figura 9 – Exemplo do *JUnit*

```
@Test
public void testarCriarEntidade() {
    assertTrue(contDaEntidade.entidades.isEmpty());
    criarEntidade();
    assertFalse(contDaEntidade.entidades.isEmpty());
    assertEquals(new Integer(10), contDaEntidade.entidades.get(0));
}
```

Fonte: Autor

4.2.5 Resultado do Código

Após do desenvolvimento das classes de interface gráfica, sua integração com as bases de dados pelos controladores e dos testes do código foi alcançado o resultado que é mostrado nas telas do Apêndice B juntamente com o tutorial do jogo.

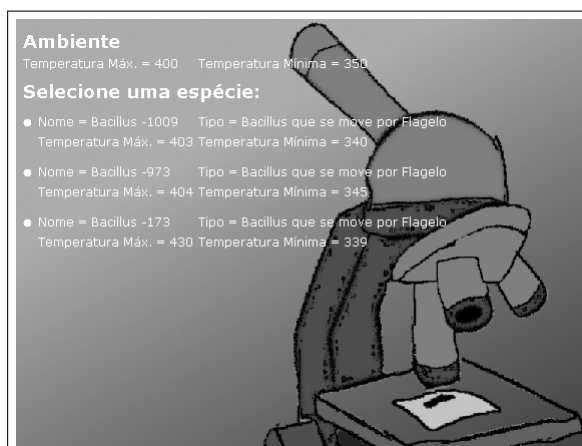
Dentre as telas do jogo temos na tela da seleção mostrada na Figura 10, onde temos o desafio que para sobreviver o jogador deve escolher a espécie mais adaptada ao ambiente e caso escolha uma espécie que não suporte o ambiente ela pode ser extinta e o jogador perderá o jogo.

Além da tela de seleção temos também a tela do jogo mostrada na Figura 11, onde o desafio é do jogador se alimentar para reproduzir e tentar não ser ingerido por outro espécime com risco de ser extinto caso não hajam mais indivíduos da sua espécie e o jogador perderá.

Dada a descrição das telas mostradas temos também que a pontuação do jogo é incrementada ao se reproduzir e ao passar de níveis no ambiente e a vitória do jogo é alcançada ao sobreviver até o ultimo nível de ambiente do jogo. Então esse jogo tem como características a seleção natural, a sobrevivência, impactos ambientais dadas estruturas de eventos que mudam o ambiente e com a aplicação do questionário no jogo temos também testes feitos com estudantes nesse trabalho.

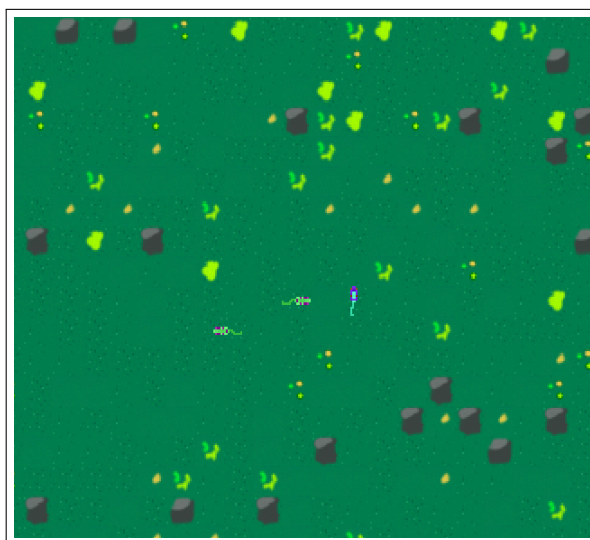
¹² Biblioteca de para automação de testes e apuração de resultados. Disponível em: <<http://junit.org/>>. Acesso em 20/09/2017.

Figura 10 – Tela de Escolha



Fonte: Autor

Figura 11 – Tela do Jogo



Fonte: Autor

4.3 Validação

Para garantir que qualquer jogo educativo vai contribuir para a educação, é preciso que ele seja avaliado por alunos que estão estudando o tema proposto pelo jogo. E este processo de validação foi necessário para confirmar que os objetivos deste projeto foram alcançados. E os estudantes selecionados para participar foram os 60 alunos do 9º ano do ensino fundamental do Colégio de Aplicação (CODAP)¹³ localizada na cidade de São Cristóvão em Sergipe. Nas próximas sessões serão descritas como foi feito esse processo.

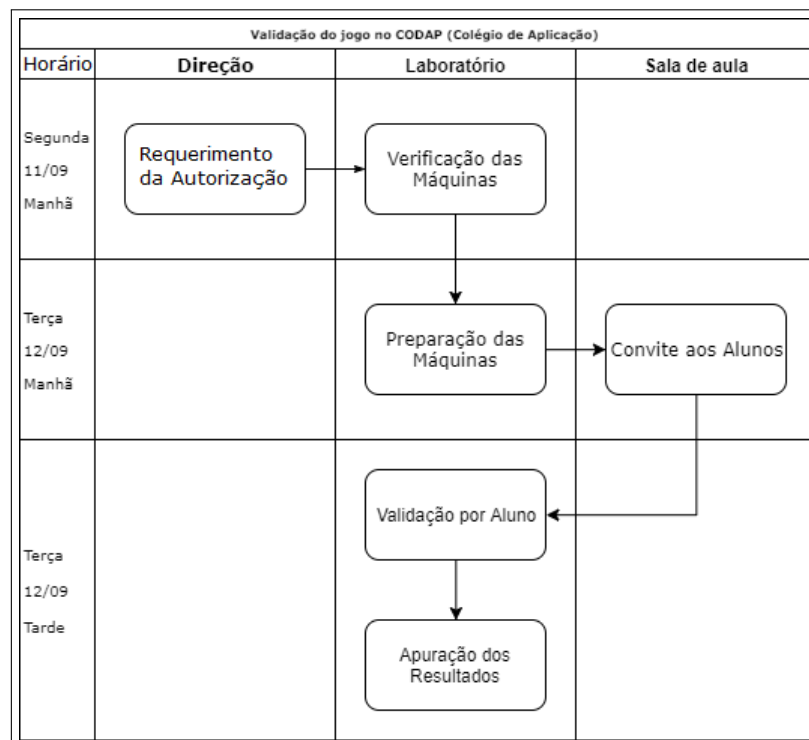
¹³ Instituição de ensino fundamental e médio localizado na UFS (Universidade Federal de Sergipe). Disponível em: <<http://codap.ufs.br/pagina/100>>. Acesso em 17/09/2017.

4.3.1 Preparação

Conforme a autorização da direção do CODAP, o processo da validação com os alunos foi planejado anteriormente e foi programado como mostrado na Figura 12, que mostra os passos de como foi realizada a validação.

O evento foi realizado em um horário extra-classe, onde os alunos não possuem aula no horário indicado, e ele consiste em que os alunos joguem o jogo e depois possam fazer a sua própria avaliação respondendo a um questionário assim que acabarem de jogar.

Figura 12 – Passos da realização do questionário



Fonte: Autor

Antes de começar o evento, as máquinas do laboratório de informática do CODAP precisavam ser verificadas e preparadas, pois precisavam atender aos requisitos não funcionais do sistema. A verificação do laboratório foi feita um dia antes da preparação e validação, porque caso não atendessem, seria preciso procurar outro local para realização do processo.

A Tabela 4 descreve a configuração das máquinas do laboratório, sendo que *Central Processing Unit (CPU)* ou Unidade Central de Processamento é definido pela frequência de cálculos por segundos em *Hertz (Hz)*, *RAM* é a quantidade de memória em *Bytes (B)* e *QPS* é a quantidade de quadros exibidos por segundo.

Tabela 4 – Configuração das Máquinas Utilizadas

ID	Quantidade	CPU	Memoria RAM	QPS
M1	2	Celeron 2,2 GHz	1 GB	30
M2	3	Celeron 2,2 GHz	2 GB	30
M3	1	Core i3 2,2 GHz	4 GB	45

Fonte: Autores (2017)

Foram preparados 5 computadores M1 e M2 e 1 notebook M3 de emergência que possui uma melhor configuração se caso houver algum problema com as máquinas durante o evento. A Figura 13 mostra uma visão geral do jogo instalado nos computadores.

Figura 13 – Laboratório configurado



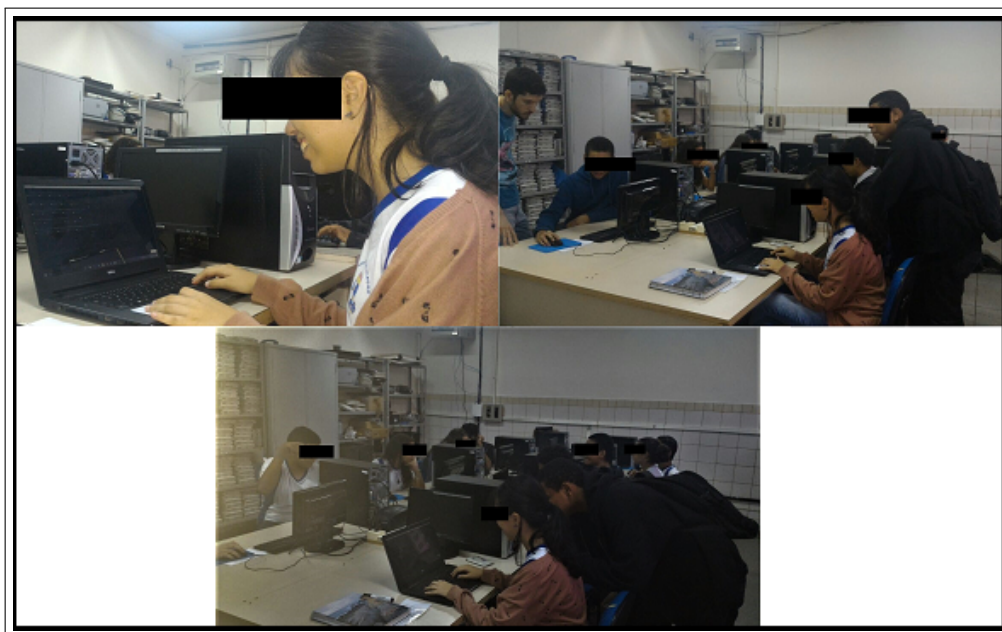
Fonte: Autor

4.3.2 Aplicação

Assim que as máquinas foram preparadas foi feito o convite aos alunos em suas salas e pela tarde daquele dia vários alunos vieram participar do evento como é mostrado na Figura 14, onde cada aluno teve o tempo de 10 minutos divididos da seguinte forma:

- 1 minuto para introdução e explicação de como jogar;
- 6 minutos para selecionar espécie e jogar em cada dificuldade;
- 3 minutos para responder todas as perguntas do questionário.

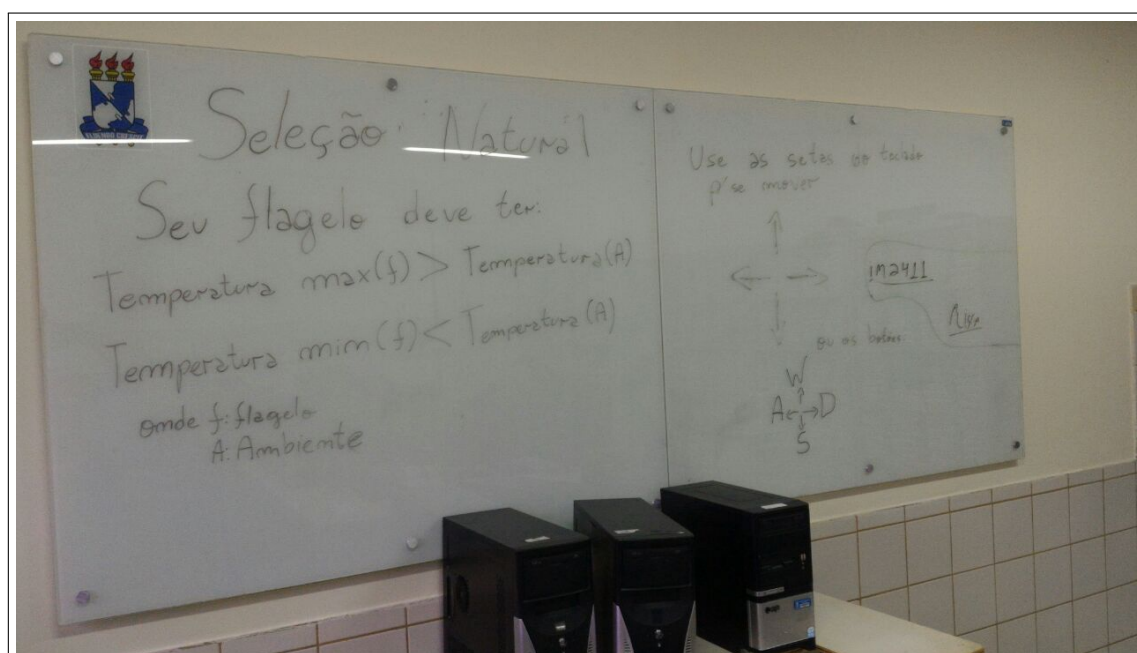
Figura 14 – Alunos



Fonte: Autor

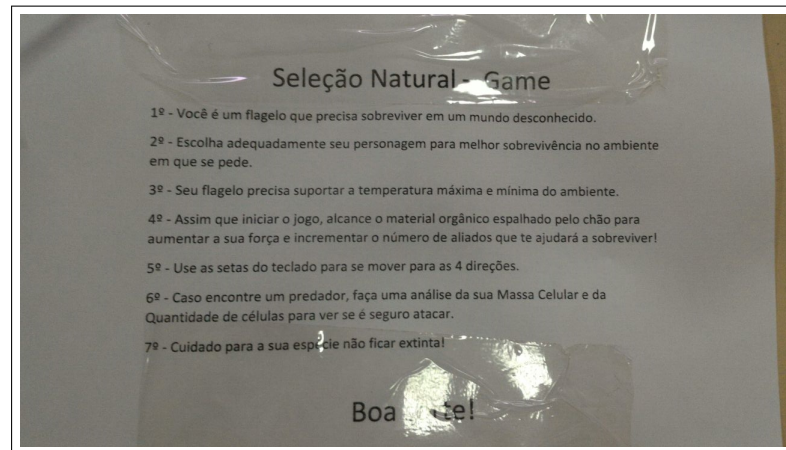
Com o objetivo de melhor orientar os alunos, foram utilizados também o quadro branco da sala com instruções gerais como mostra a Figura 15 e um pequeno manual nas mesas dos computadores com mais algumas instruções específicas do jogo mostrado na Figura 16

Figura 15 – Instruções Gerais



Fonte: Autor

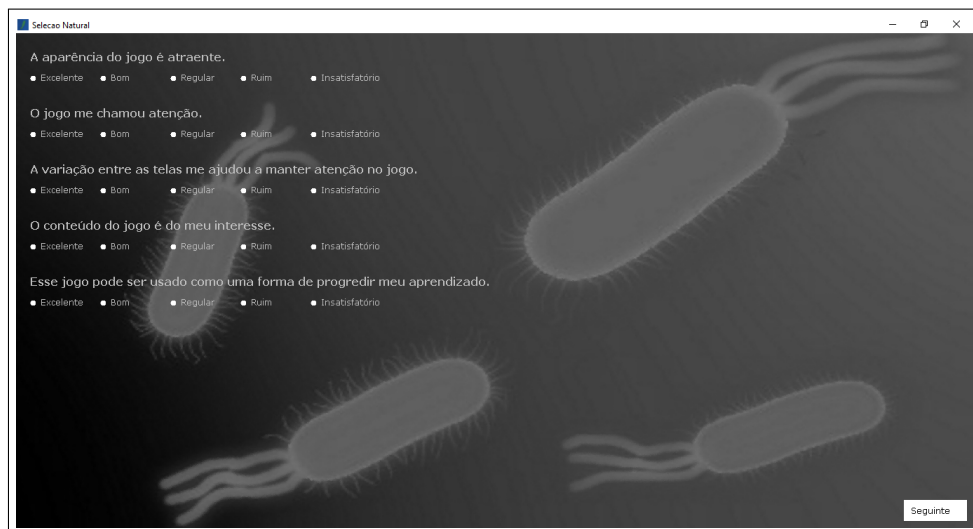
Figura 16 – Instruções Específicas



Fonte: Autor

Assim que terminaram de jogar, foi exibida para os alunos a tela de questionário de validação do jogo, e para que houvesse uma melhor apuração de resultados, A Figura 17 mostra uma *Screenshot*, que é uma imagem da tela do computador, do questionário que foi aplicado dentro do próprio sistema e os resultados foram armazenados em arquivos texto.

Figura 17 – Questionário



Fonte: Autor

A princípio o questionário utilizado foi o MEEGA+ , porém foram realizadas duas adaptações ao mesmo. Com o objetivo de otimizar o tempo e condições de apuração dos resultados.

A primeira adaptação consistiu em remover algumas perguntas. A primeira parte do questionário com perguntas direcionadas a informações demográficas foi removida por motivos que o convite foi feito já direcionado para os alunos que condizem ao público alvo desejado.

Perguntas sobre Interação social também foram removidas por se tratar de um jogo de desafio individual, onde não há presença de modos multijogador ou *online*.

A segunda adaptação, como o questionário foi aplicado no jogo, as perguntas foram reduzidas no seu tamanho sem alterar seu significado, para melhor visualização na tela de questionário. O questionário completo juntamente com os seus resultados está disponível no Apêndice C.

4.3.3 Resultados

Ao final do evento, nem todos os alunos puderam responder o questionário de validação, porém foram apreendidas as respostas de 10 alunos dos 13 que estavam presentes. E pelos resultados do questionário podemos perceber que o jogo obteve mais resultados positivos do que negativos. Partindo dessa análise, 4 quesitos interessantes tiveram um destaque considerável que foram: Diversão, Dificuldade, Aprendizado, Sugestões.

A Tabela 5 mostra a análise do quesito Diversão, que foi unânime. Os alunos realmente se divertiram com o jogo. Sendo que alguns ficaram mais tempo no local para continuar jogando mais de uma vez. E como o evento foi realizado em um horário extra-classe, pode-se afirmar que esse quesito é o ponto mais positivo que foi alcançado.

Tabela 5 – Nível de Diversão

Perguntas	Excelente	Bom	Regular	Ruim
Eu me diverti com o jogo	7	3	0	0
Recomendaria este jogo aos meus colegas	7	3	0	0
Gostaria de jogar este jogo novamente	8	2	0	0

Fonte: Autores (2017)

Já o quesito Dificuldade, alguns alunos acharam o jogo fácil demais. Apareciam poucos predadores em tela. E pelos resultados mostrados na Tabela 6, pode-se averiguar que o jogo pode não ter apresentado um desafio esperado para alguns alunos.

Tabela 6 – Nível de Dificuldade

Perguntas	Excelente	Bom	Regular	Ruim
O jogo é um desafio. Tarefas nem fáceis nem difíceis	2	6	2	0
É fácil aprender a jogar o jogo	7	3	0	0

Fonte: Autores (2017)

Em relação ao Aprendizado, adquiriu-se um bom resultado. Alguns alunos mais atentos prestaram atenção aos itens de menu na parte superior da tela de jogo e jogaram o jogo seguindo as instruções que lhe foram feitas. Ao se encontrarem com um predador, alguns alunos analisaram

seus recursos para saber se era seguro atacar. Outros simplesmente atacavam sem fazer análises. Acredita-se que a dificuldade baixa pode ter impedido que alguns alunos atacassem sem se preocupar se sua espécie ficaria extinta. É notado um resultado mediano nos gráficos da Tabela 7.

Tabela 7 – Percepção do Aprendizado

Perguntas	Excelente	Bom	Regular	Ruim
O jogo contribuiu para o meu aprendizado	4	4	2	0
Posso usar na prática o que aprendi no jogo	4	1	6	0
Servirá de auxílio em relação a outras atividades	6	3	1	0
Me senti confiante que estava aprendendo	5	2	2	1

Fonte: Autores (2017)

Por gostarem do jogo, muitos alunos deram sugestões para a melhoria do mesmo, como aumentar a dificuldade, criação de um modo multijogador e uma versão do jogo para *Android* foi bastante pedida. Por ser a plataforma de maior acesso entre os alunos, segundo eles.

O questionário, em geral, mostrou os pontos fortes e fracos do jogo. O *feedback*, que são os comentários de alguém sobre algo, dos alunos teve bastante importância, afinal eles observaram os pontos em que o jogo precisa melhorar, e isso pode ser considerado no lançamento das próximas versões do *game*.

5

Considerações Finais e Trabalhos Futuros

Com o passar dos anos, cada vez mais os jogos eletrônicos vem ganhando destaque mundial. E o desenvolvimento do game *Natural Selection* possibilitou utilizar deste recurso para aprimorar o aprendizado dos estudantes de Ensino fundamental no ramo da biologia. Assim como introduzir seus conhecimentos na área de ciências naturais.

A fim de obter informações publicadas sobre o tema, foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura de bases acadêmicas seguindo o protocolo de [Kitchenham and Charters \(2007\)](#). E também foi realizada uma busca por produtos correlatos já existentes no mercado. Tais buscas foram executadas com o objetivo de realizar uma comparação do presente projeto com os trabalhos já publicados. Aplicando as melhorias necessárias para a educação.

De um modo geral, o jogo foi desenvolvido e aplicado em turmas do 9º ano, que estão iniciando seus estudos na área de biologia. O processo de validação ocorreu em um horário extra-classe e de forma voluntária.

Ao final do processo, a maioria dos alunos que participaram descreveram que o jogo contribuiu de forma positiva, e de uma maneira divertida, a aprimorar seus conhecimentos sobre o assunto. Permitindo assim, que os objetivos propostos fossem alcançados. Eles também deram suas sugestões de desafios novos e melhorias para o sistema.

Para atrair de forma significativa e positiva a atenção de estudantes para determinados assuntos escolares, é sempre bem vinda a criação de novas formas de aprendizado. Este projeto cumpriu seus objetivos de ensinar por meio de um jogo educativo e divertido a abordagem de Origem da vida e evolução das espécies.

Por meio do desenvolvimento foram encontrados problemas nos testes e muitos foram arrumados, mas ao final dois persistiram. Um problema foi a inteligência artificial que em certas situações provocou travamentos por recalcular o caminho e provocou colisões com os blocos sólidos do mapa. E o outro problema foi que a execução terminava com um erro por não ser a versão final e ainda estar sujeita a testes e correções. Então um trabalho futuro teria que primeiramente arrumar esses problemas para eventuais incrementos.

Como sugerido pelos alunos que validaram o jogo, algumas melhorias do sistema são necessárias para maior engajamento e aprendizado dos alunos. Uma melhoria para aumentar a dificuldade poderia ser aumentando o número de predadores em tela e mais variáveis de mudanças do ambiente, que também seriam mais educativas, como mudança da composição da atmosfera e da pressão atmosférica. Outra para promover interação social seria a criação de um sistema multijogador, onde cada jogador poderia controlar uma espécie diferente no campo.

Referências

, aaaa. Nenhuma citação no texto.

Agar.io

2017. Agar.io. Disponível em: <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.miniclip.plagueinc>>. Acesso em 14/09/2017. Citado 3 vezes nas páginas 38, 39 e 40.

Akpinar, Y.

2009. Validation of a learning object review instrument: Relationship between ratings of learning objects and actual learning outcomes. *International Journal of Doctoral Studies (IJDS)*, 4:291–302. Citado na página 26.

BRQ

2017. Metodologias Ágeis de desenvolvimento de software. Disponível em: <<http://www.brq.com/metodologias-ageis/>>. Acesso em 28/10/2017. Citado na página 22.

Cell Lab.

2017. Cell lab. Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.saterskog.cell_lab>. Acesso em 14/09/2017. Citado 3 vezes nas páginas 38, 39 e 40.

Cheng, M.-T., Y.-W. Lin, and H.-C. She

2015. Learning through playing virtual age: Exploring the interactions among student concept learning, gaming performance, in-game behaviors, and the use of in-game characters. *Computers and Education*, 86:18–29. Citado na página 37.

Davison, A.

2005. *Killer Game Programming in Java*. Sebastopol: O'Reilly Media. Citado na página 17.

de Deus, T. F. and P. F. Lopes

2013. A game about biology for biology students: Cell life as a learning tool. *Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, 8:6. Citado 2 vezes nas páginas 37 e 38.

Engineering Village

2017. Engineering village. Disponível em: <<https://www.engineeringvillage.com>>. Acesso em 14/09/2017. Citado na página 34.

Fadel, L. M., V. R. Ulbricht, C. R. Batista, and T. Vanzin

2014. *Gamificação na educação*. São Paulo: Pimenta Cultural. Citado 5 vezes nas páginas 4, 15, 16, 29 e 30.

Fastformat

2015. *Revisão Sistemática da Literatura: O Que é? Como Fazer?* Disponível em: <<http://blog.fastformat.co/revisao-sistemica-da-literatura-o-que-e-como-fazer/>>. Acesso em 17/09/2017. Citado na página 31.

Gizmodo

2008. Retromodo: Tennis for two, the world's first graphical videogame. Disponível em: <[http:](http://)

- [//gizmodo.com/5080541/retromodo-tennis-for-two-the-worlds-first-graphical-videogame](http://gizmodo.com/5080541/retromodo-tennis-for-two-the-worlds-first-graphical-videogame)>. Acesso em 17/09/2017. Citado na página 15.
- Harbour, J. S.
2006. *Game Programming All in One*. Clifton Park: Cengage Learning. Citado 2 vezes nas páginas 24 e 25.
- IEEEExplore
2017. Ieeexplore. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org>>. Acesso em 14/09/2017. Citado na página 34.
- ISO
2001. *ISO 9126*. Disponível em: <<https://www.iso.org/standard/22749.html>>. Acesso em 18/10/2017. Citado na página 23.
- Kanyapasit, P. and N. Srisawasdi
2014. Development of digital game-based biology learning experience on cell cycle through dslm instructional approach. *International Conference on Computers in Education (ICCE)*, 22:856–866. Citado 2 vezes nas páginas 37 e 38.
- Kitchenham, B. and S. Charters
2007. Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. *Evidence-Based Software Engineering (EBSE)*, 2:65. Citado 2 vezes nas páginas 33 e 57.
- Lo, J.-J., N.-W. Ji, Y.-H. Syu, W.-J. You, and Y.-T. Chen
2008. Developing a digital game-based situated learning system for ocean ecology. *Transactions on Edutainment I*, 1:51–61. Citado 2 vezes nas páginas 37 e 38.
- Lopes, S.
2004. *BIO - Volume Único*. São Paulo: Editora Saraiva. Citado 2 vezes nas páginas 19 e 20.
- Loula, A. C., L. N. de Castro, A. L. A. Jr., P. L. B. da Rocha, M. da Conceição L. Carneiro, V. P. G. S. Reis, R. F. Machado, C. Sepulveda, and C. N. El-Hani
2014. Modeling a virtual world for the educational game calangos. *International Journal of Computer Games Technology (IJCGT)*, 2014:14. Citado na página 37.
- Ministério da Educação
1998. *The Memoir Class for Configurable Typesetting - User Guide*. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencias.pdf>>. Acesso em 17/09/2017. Citado na página 17.
- Munzlinger, E., F. B. Narcizo, and J. E. R. de Queiroz
2012. Protocolo de revisão sistemática. Disponível em: <http://www.elizabete.com.br/rs/Tutorial_IHC_2012_files/ProtocoloRevisaoSistematica.pdf>. Acesso em 17/09/2017. Citado na página 31.
- Nankervis, S., G. Meredith, P. Vamplew, and N. Fotinatos
2012. Taming the devil: A game-based approach to teaching immunology. *Australasian Society for Computers in Learning in Tertiary Education (ASCILITE)*, 25:703–707. Citado 2 vezes nas páginas 37 e 38.
- Nesbit, J., K. Belfer, and T. Leacock
2007. *Learning Object Review Instrument (LORI)*. E-Learning Research and Assessment (eLera) and the Portal for Online Objects in Learning (POOL). Citado na página 26.

Newzoo

2013. Infographic: The brazilian games market. Disponível em: <<http://www.newzoo.com/infographics/infographic-the-brazilian-games-market>>. Acesso em 17/09/2017. Citado na página 15.

Novak, J.

2012. *Game Development Essentials: An introduction*. Clifton Park: Cengage Learning. Citado na página 15.

Petri, G., C. G. von Wangenheim, and A. F. Borgatto

2016. Meega+: An evolution of a model for the evaluation of educational games. Technical report, INCoD, Florianópolis. Citado 4 vezes nas páginas 26, 27, 28 e 29.

Plague Inc.

2017. Plague inc. Disponível em: <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.miniclip.plagueinc>>. Acesso em 14/09/2017. Citado 3 vezes nas páginas 38, 39 e 40.

Pressman, R. S.

2011. *Engenharia de Software*. New York City: The McGraw-Hill. Citado 3 vezes nas páginas 21, 22 e 23.

Ridley, M.

2006. *Evolução*. Oxford: ARTMED. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 20.

Schneller, W., D. B. P. J. Campbell, and E. S. Wurtele

2012. Meta! blast computer game: A pipeline from science to 3d art to education. *International Society for Optical Engineering (SPIE)*, 8289:12. Citado na página 37.

Science Direct

2017. Science direct. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com>>. Acesso em 14/09/2017. Citado na página 34.

Scopus

2017. Scopus. Disponível em: <<https://www.scopus.com>>. Acesso em 14/09/2017. Citado na página 34.

Shapiro, R.

1987. *Origins: A Skeptic's Guide to the Creation of Life on Earth*. New York City: Bantam Books. Citado 4 vezes nas páginas 18, 19, 20 e 21.

Spore

2017. Spore. Disponível em: <<http://store.steampowered.com/app/17390>>. Acesso em 14/09/2017. Citado 3 vezes nas páginas 38, 39 e 40.

Strapason, L. P. R.

2011. O uso de jogos como estratégia de ensino e aprendizagem da matemática no 1º ano do ensino médio. Master's thesis, Centro Universitário Franciscano de Santa Maria, Santa Maria. Citado na página 26.

Varaschim, J. D.

2009. Implantando o scrum em um ambiente de desenvolvimento de produtos para internet. Technical report, PUC, Rio de Janeiro. Citado na página 22.

Web of Science

2017. Web of science. Disponível em: <<https://www.webofknowledge.com>>. Acesso em 14/09/2017. Citado na página 34.

Apêndices

APÊNDICE A – Código Fonte

Neste apêndice é exibido parte do código fonte do jogo com áreas quadradas coloridas e numeradas dentro das imagens para destacar o que é mais importante e mencionado no texto.

A.1 Interface Gráfica

A classe principal usada para gerar as telas é a classe Painei mostrada na Figura 18, onde em 1 é atualizado o jogo e em 2 é renderizada a tela seja ela o menu, opções, jogo ou questionário.

Figura 18 – Painei

```
117 @Override
118 public void run() {
119     long nanoTempoAgora = System.nanoTime(), nanoTempoAntes;
120     long miliTempoAgora = System.currentTimeMillis(), miliTempoAntes;
121     long temporizador = System.currentTimeMillis();
122     final double NANOSEGUNDOS = 1000000000.0;
123     double deltaTempo = 0.0;
124     int quadros = 0, atualizacoes = 0;
125     // Será executado até dar fim de jogo ou abrir o questionário
126     while (true) {
127         requestFocusInWindow();
128         try {
129             if (telaAtiva == 'J') Thread.sleep(20);
130             else Thread.sleep(60);
131         } catch (InterruptedException e) {
132             e.printStackTrace();
133         }
134
135         // Atualiza os dados do jogo
136         if (telaAtiva == 'J') {
137             nanoTempoAntes = nanoTempoAgora;
138             nanoTempoAgora = System.nanoTime();
139             deltaTempo += (nanoTempoAgora - nanoTempoAntes) / (NANOSEGUNDOS / 60.0);
140             while (deltaTempo >= 1 && ehContinuavel) {
141                 1 atualizar();
142                 atualizacoes++;
143                 deltaTempo--;
144             }
145         }
146
147         // Renderiza um quadro
148         2 renderizar();
149         quadros++;
150     }
```

Fonte: Autor

Utilizado também para auxiliar na interface gráfica do jogo foi feito classe Mapa mostrada na Figura 19, onde em 1 é mostrado o *array*, que é um arranjo de valores, de inteiros blocos que podem ser de 3 tipos de cores RGB mostradas em 2, que são inicializadas em 3. O mapa pode ser gerado através de um arquivo imagem pelo endereço como mostrado no construtor e em 4.

Figura 19 – Mapa

```

public class Mapa { 1
    private int blocos[];

    private int coresDeAgua[]; 2
    private int coresOrganicas[];
    private int coresInorganicas[];

    public int largura, altura;

    public final int TAMANHO_MINIMO = (int) Math.pow(Bloco.TAMANHO, 2);

    /**
     * Cria um objeto do mapa de um arquivo no dado endereco
     *
     * @param endereco
     * @param temperatura
     */
    public Mapa(String endereco, int temperatura) {
        inicializarCores(); 3
        try {
            BufferedImage imagem = ImageIO.read(new Recurso().obterEndereco(endereco));
            int largura = imagem.getWidth();
            int altura = imagem.getHeight();
            if (largura < TAMANHO_MINIMO || altura < TAMANHO_MINIMO) {
                criarMapa(TAMANHO_MINIMO, TAMANHO_MINIMO);
                colocarNoMapa(imagem); 4
            } else {
                criarMapa(largura, altura);
                imagem.getRGB(0, 0, largura, altura, blocos, 0, largura);
            }
        } catch (IOException e) {
            e.printStackTrace();
        }
        Bloco.associarTemperatura(temperatura);
    }
}

```

Fonte: Autor

A.1.1 Sprites

Depois do mapa com as cores dos blocos, é preciso uma classe para obter as *Sprites* que são associadas as cores e renderizadas na tela do Jogo e essa classe é mostrada na Figura 20. Na Figura é visível em 1 a extração de uma *Sprite* da Folha De *Sprites*, que pode ser de ambiente mostrado na Figura 21a ou de um tipo de espécie como na Figura 21b.

Figura 20 – Sprite

```

public class Sprite {
    private int x, y;
    private FolhaDeSprites folhaDeSprites;

    public static final int TAMANHO = 16;
    public int pixels[];

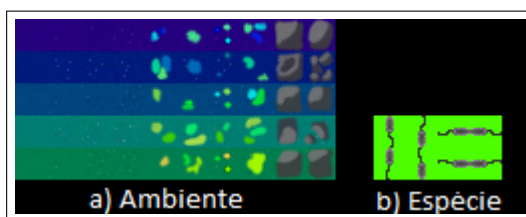
    /**
     * Cria o objeto de Sprite da FolhaDeSprites
     *
     * @param x
     * @param y
     * @param folhaDeSprites
     */
    public Sprite(int x, int y, FolhaDeSprites folhaDeSprites) {
        pixels = new int[TAMANHO * TAMANHO];
        this.x = x * TAMANHO;
        this.y = y * TAMANHO;
        this.folhaDeSprites = folhaDeSprites;
        carregar();
    }

    /**
     * Carrega o Sprite da FolhaDeSprites
     */
    private void carregar() {
        for (int y = 0; y < TAMANHO; y++) {
            for (int x = 0; x < TAMANHO; x++) {
                pixels[x + y * TAMANHO] = folhaDeSprites.pixels[(this.x + x) + (this.y + y) * folhaDeSprites.largura]; 1
            }
        }
    }
}

```

Fonte: Autor

Figura 21 – Folhas de Sprites



Fonte: Autor

A.2 Base de dados

As classes bases de dados são usadas para guardar os dados e são essências para os controladores como mostrado na Figura 22, onde é possível ver em 1 os atributos em listas de perguntas e opções do questionário.

Figura 22 – Questionário

```
public class ContDoQuestionario {
    // FIXME Arrumar o arquivo de perguntas
    private Questionario questionario;

    * Carregas as perguntas e opções do questionário
    public ContDoQuestionario() {}

    * Obtém a quantidade de Perguntas do questionário
    public int obterQtdPerguntas() {}

    * Obtém a quantidade de Respostas do questionário
    public int obterQtdRespostas() {}

    * Obtém uma Pergunta do questionário
    public String obterPergunta(int index) {}

    * Obtém uma Resposta do questionário
    public String obterResposta(int index) {}

    * Classe com os dados do questionário
    1 public class Questionario {
        private List<String> perguntas;
        private List<String> opcoes;

        * Cria o objeto questionário
        public Questionario(List<String> perguntas, List<String> opcoes) {
            this.perguntas = perguntas;
            this.opcoes = opcoes;
        }
    }
}
```

Fonte: Autor

A.3 Controladores

Os controladores fazem a ponte entre as bases de dados e a interface gráfica, mas podem também auxiliar em operações especiais dos dados como a movimentação da IA em A* mostrada na Figura 23. Na Figura é mostrada em 1 a lista de vetores de coordenadas x e y do caminho, que será calculado ao final do algoritmo como mostrado em 2 através dos cálculos dos custos de cada nó adjacente mostrado em 4 e selecionado o menor em 3.

Figura 23 – Inteligência Artificial

```

ContDaIA.java
private List<Vetor2i> obterCaminho(Vetor2i vetor, Vetor2i vetorAlvo) {
    List<Vetor2i> caminho = new ArrayList<Vetor2i>(); 1
    if (vetor.equals(vetorAlvo)) {
        caminho.add(vetor);
        return caminho;
    }
    List<No> nos = new ArrayList<No>();
    List<No> nosAvaliados = new ArrayList<No>();
    No noAtual = new No(vetor, null, 0, obterDistancia(vetor, vetorAlvo)), noAux;
    StringBuilder texto = new StringBuilder();
    Bloco bloco;
    Vetor2i vetorAux;
    int x, y, dx, dy, sinal, custoG, custoH;
    nos.add(noAtual);
    while (!nos.isEmpty()) { 3
        Collections.sort(nos, ordenadorDeNos);
        noAtual = nos.get(0);
        texto.append(noAtual + " -> "); 2
        if (noAtual.vetor.equals(vetorAlvo)) {
            while (noAtual.pai != null) {
                caminho.add(noAtual.vetor);
                noAtual = noAtual.pai;
            }
            nos.clear();
            nosAvaliados.clear();
            Collections.reverse(caminho);
            return caminho;
        }
        nos.remove(noAtual);
        nosAvaliados.add(noAtual);
        x = noAtual.vetor.x;
        y = noAtual.vetor.y;
        for (int i = 0; i < 2; i++) {
            sinal = (int) Math.pow((-1), (i + 1));
            for (int j = 0; j < 2; j++) {
                dx = (j % 2) * sinal;
                dy = (1 - (j % 2)) * sinal;
                bloco = mapa.obterBloco(x + dx, y + dy);
                if (bloco == null || bloco.solido) continue;
                vetorAux = new Vetor2i(x + dx, y + dy);
                4
                custoG = noAtual.custoG + obterDistancia(noAtual.vetor, vetorAux);
                custoH = obterDistancia(vetorAux, vetorAlvo);
                noAux = new No(vetorAux, noAtual, custoG, custoH);
                if (nosAvaliados.contains(noAux) && custoG >= noAux.custoG) continue;
                if (!nos.contains(noAux) || custoG < noAux.custoG) {
                    texto.append(noAux + " ");
                }
            }
        }
    }
}

```

Fonte: Autor

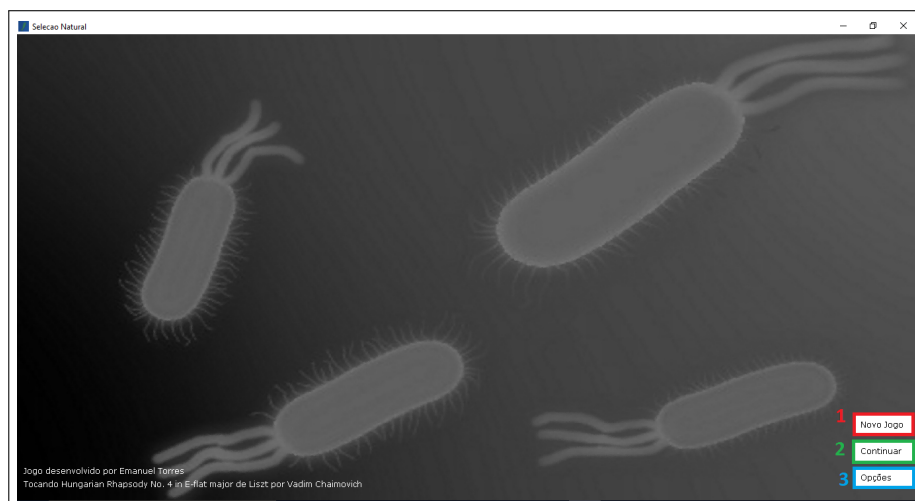
APÊNDICE B – Tutorial do jogo

Neste apêndice é demonstrado passo a passo como manusear o jogo *Natural Selection*. Algumas áreas foram destacadas e numeradas dentro das imagens para melhor descrever o que ocorre em cada uma delas.

B.1 Menu Inicial

Ao abrir o jogo encontramos o Menu Inicial mostrado na Figura 24, onde o botão 1 abre um novo jogo, o botão 2 continua o jogo anterior e o botão 3 abre as opções.

Figura 24 – Menu Inicial

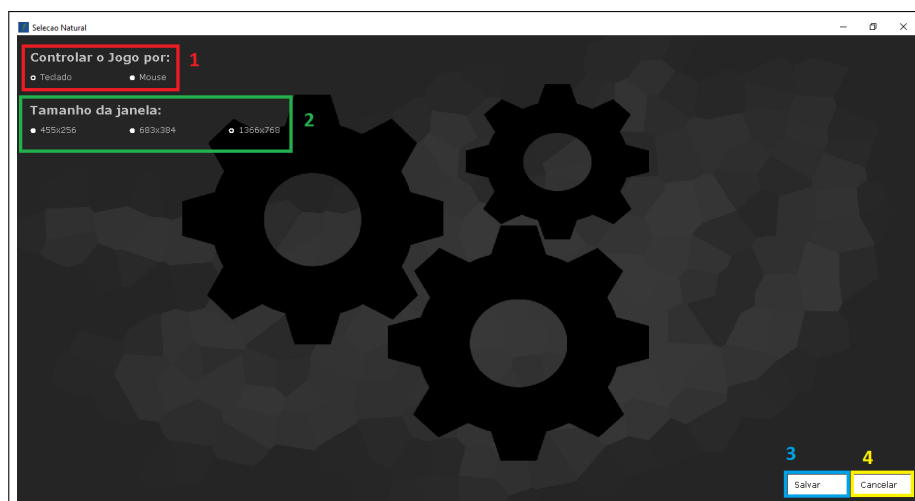


Fonte: Autor

B.2 Opções

Ao clicar no botão Opções do Menu Inicial encontramos a tela de Opções mostrado na Figura 25, onde a área 1 indica as opções de controle do jogo seja por teclado ou por mouse e a área 2 indica as opções de resolução da tela. Essa seleção deve escolher as configurações do jogo e salvar caso clique no botão 3 ou cancelar caso clique no botão 4.

Figura 25 – Opções

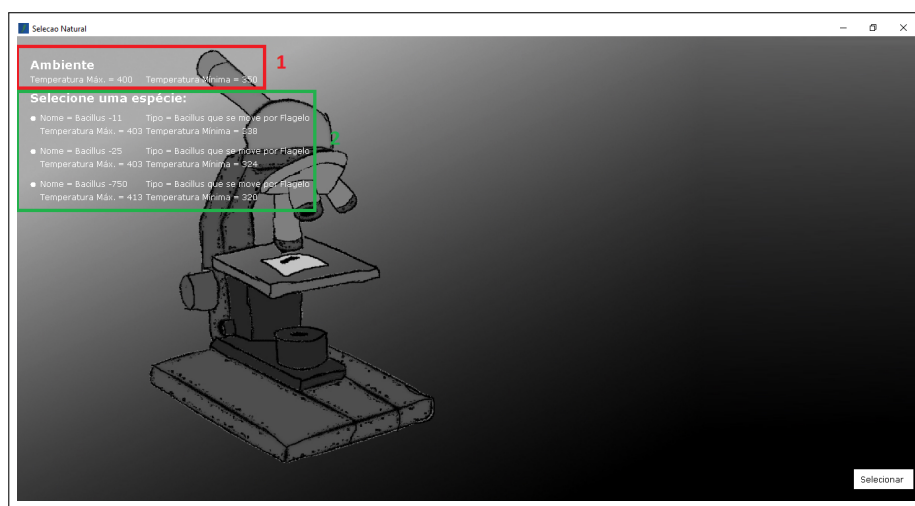


Fonte: Autor

B.3 Escolha da Espécie

Ao clicar no botão Novo Jogo do Menu Inicial encontramos a tela de Seleção da Espécie mostrado na Figura 26, onde a área 1 indica onde tem as informações do Ambiente com suas temperaturas e na área 2 as informações das espécies e suas temperaturas para serem selecionadas. Essa seleção deve escolher uma espécie que suporte as possíveis temperaturas máxima e mínima do ambiente.

Figura 26 – Escolha da Espécie



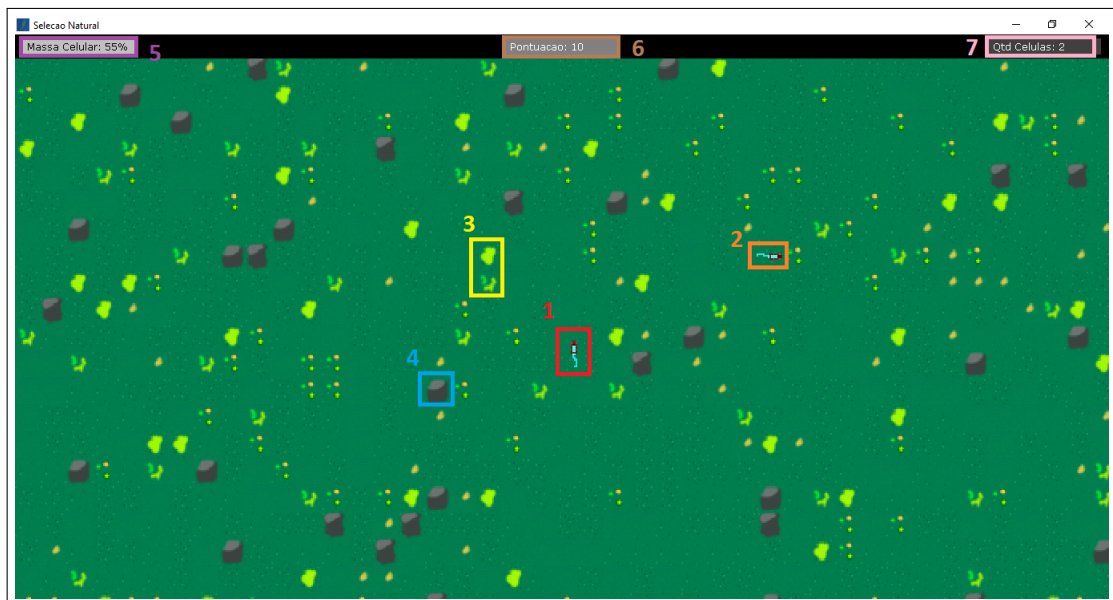
Fonte: Autor

B.4 Jogo

Após selecionar uma espécie no botão Submeter da tela de Seleção da Espécie encontramos a tela do Jogo mostrado na Figura 27, onde a área 1 indica onde está a entidade do jogador, a área 2 indica outra entidade da mesma espécie, a área 3 indica o alimento a ser consumido e a área 4 representa um obstáculo. Nessa imagem há a demonstração de uma reprodução que acabou de acontecer quando na área 5 chegou a 100 por cento de massa celular e a entidade do jogador se dividiu em outra entidade ficando com 50 por cento de massa. Além da informação da massa, a área 6 mostra a pontuação do jogador e na área 7 é mostrada a quantidade de espécimes daquela espécie.

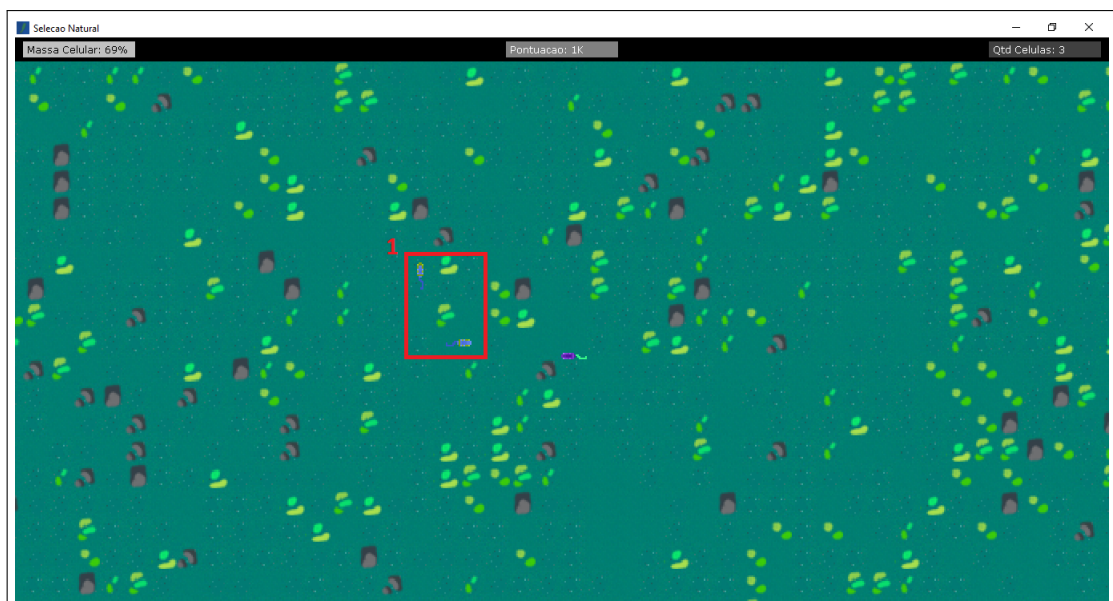
Ainda sobre o jogo, é mostrado na Figura 28 outras espécies do ambiente na área 1 onde é necessário que o jogador sobreviva a elas. Podendo este fugir delas se possuir pouca massa celular ou caça-las se possuir bastante massa celular.

Figura 27 – Jogo - Reprodução



Fonte: Autor

Figura 28 – Jogo - Outras espécies

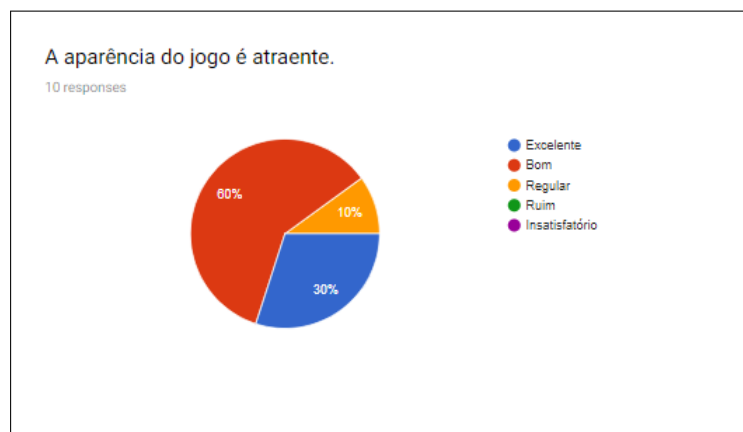


Fonte: Autor

APÊNDICE C – Questionário de Validação

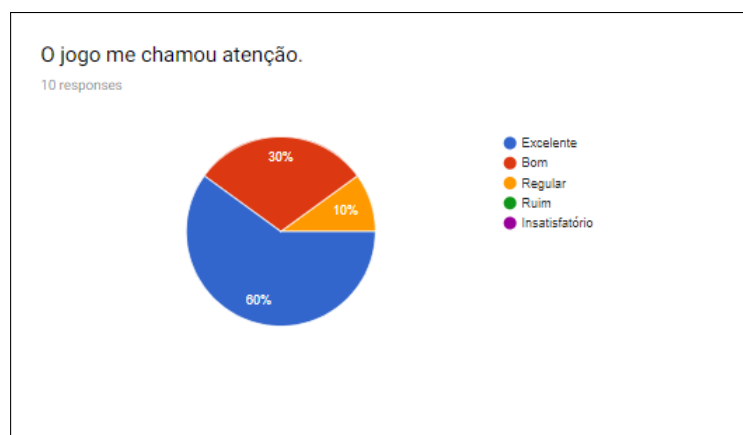
Este questionário foi realizado com o intuito de avaliar e validar o jogo Natural Selection. É uma série de perguntas que foram exibidas para os alunos logo depois de jogar. Pesquisa realizada no laboratório do CODAP em 12/09/2017

Figura 29 – Pergunta 1



Fonte: Autor

Figura 30 – Pergunta 2



Fonte: Autor

Figura 31 – Pergunta 3



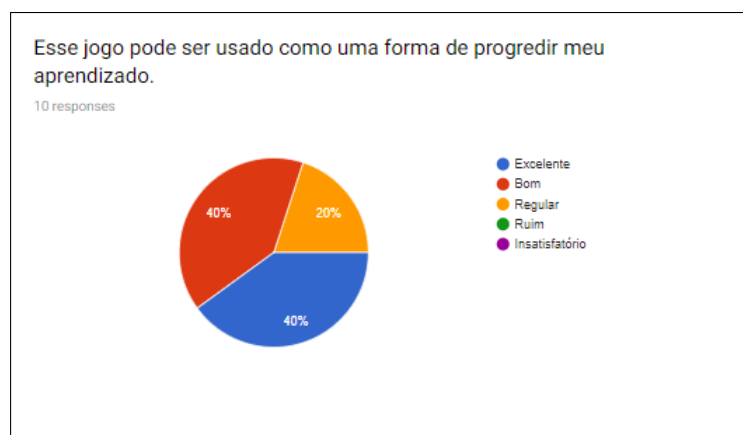
Fonte: Autor

Figura 32 – Pergunta 4



Fonte: Autor

Figura 33 – Pergunta 5



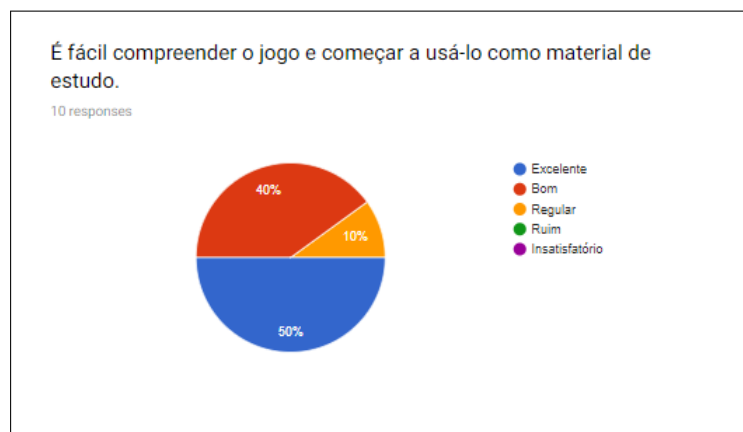
Fonte: Autor

Figura 34 – Pergunta 6



Fonte: Autor

Figura 35 – Pergunta 7



Fonte: Autor

Figura 36 – Pergunta 8



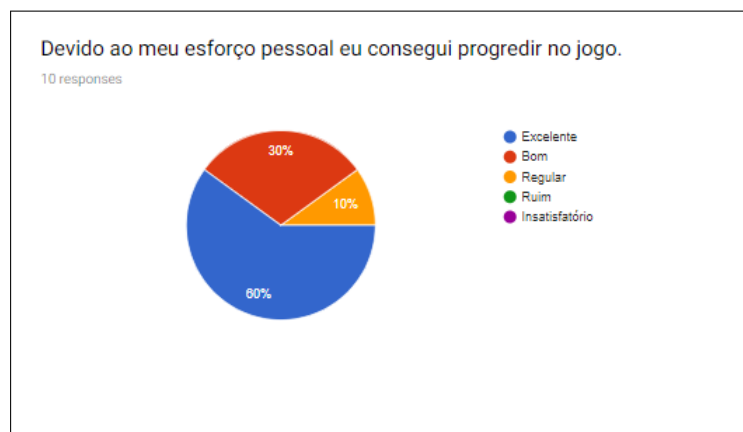
Fonte: Autor

Figura 37 – Pergunta 9



Fonte: Autor

Figura 38 – Pergunta 10



Fonte: Autor

Figura 39 – Pergunta 11



Fonte: Autor

Figura 40 – Pergunta 12



Fonte: Autor

Figura 41 – Pergunta 13



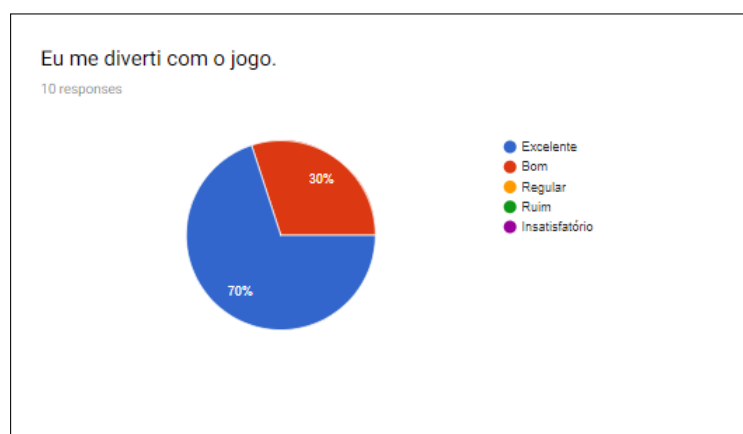
Fonte: Autor

Figura 42 – Pergunta 14



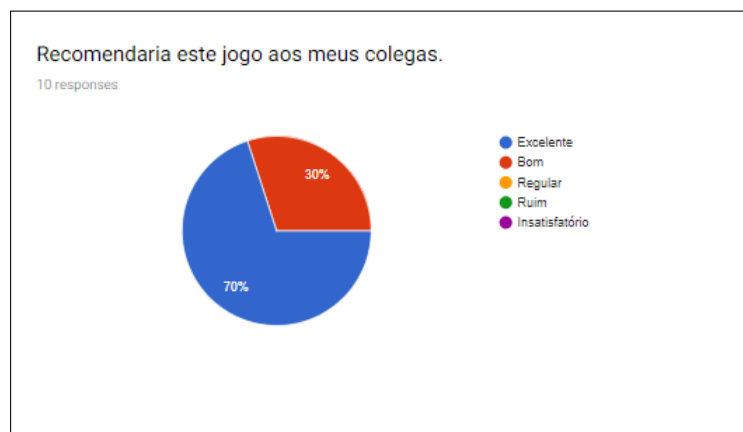
Fonte: Autor

Figura 43 – Pergunta 15



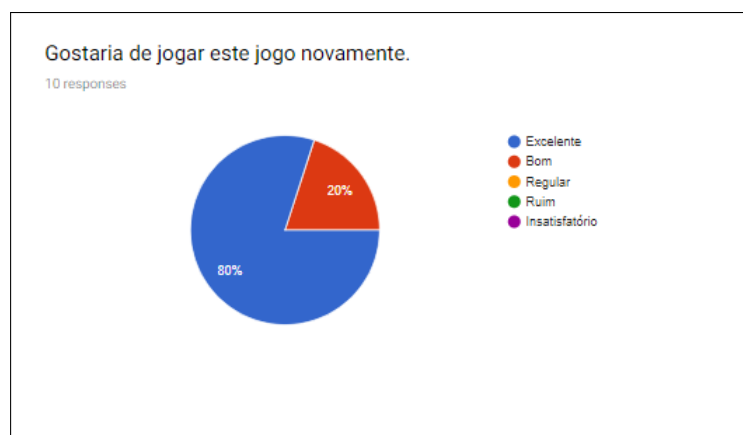
Fonte: Autor

Figura 44 – Pergunta 16



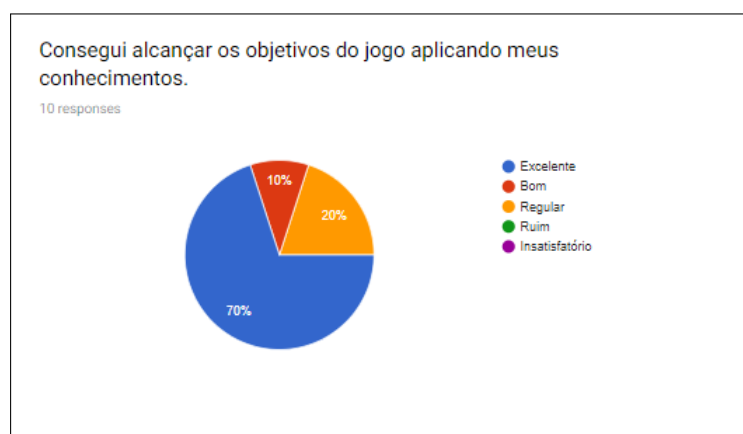
Fonte: Autor

Figura 45 – Pergunta 17



Fonte: Autor

Figura 46 – Pergunta 18



Fonte: Autor

Figura 47 – Pergunta 19



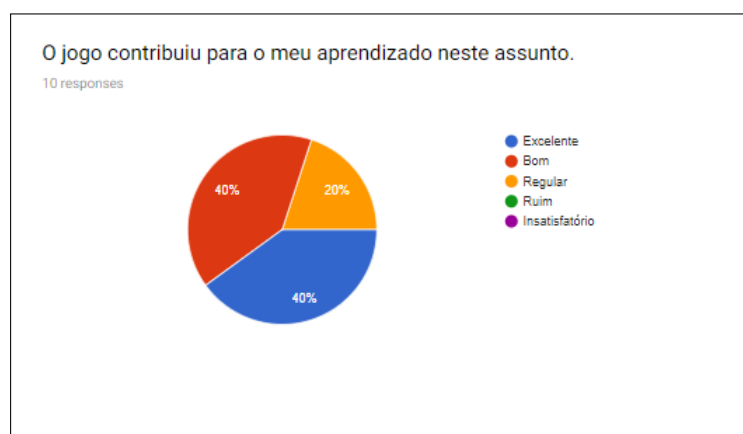
Fonte: Autor

Figura 48 – Pergunta 20



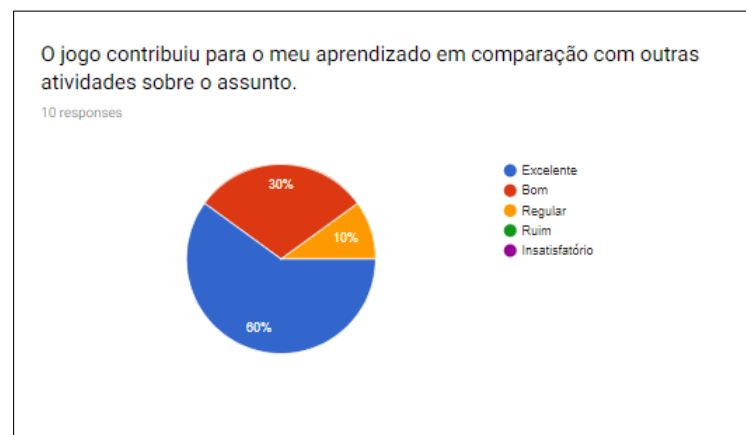
Fonte: Autor

Figura 49 – Pergunta 21



Fonte: Autor

Figura 50 – Pergunta 22



Fonte: Autor